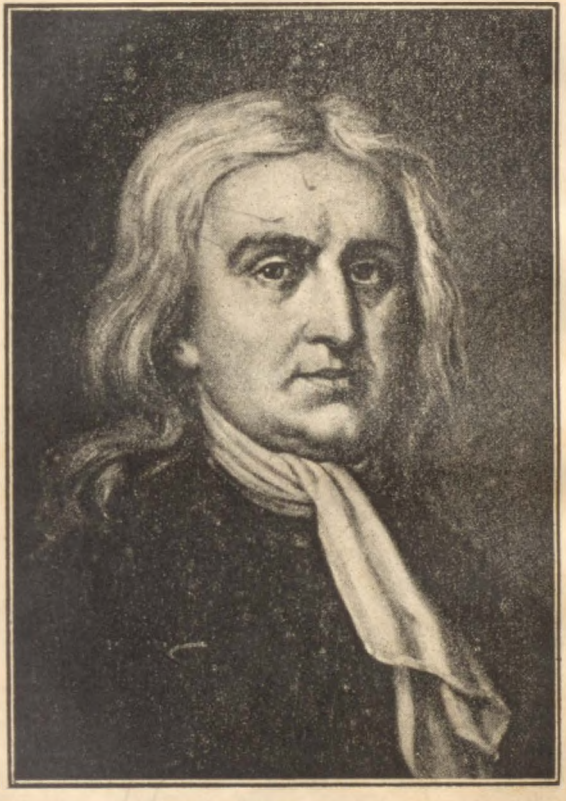
M 76
641
сер. 1
№ 6

БИБЛЮТЕКА
ДЛЯ ВЫДАЧИ КНИГ НА ДОМ
ПОГАШЕНО
М. С. П. о Н. Т.

C
16324

БИБЛЮТЕКА
ДЛЯ ВЫДАЧИ
ПОГАШЕНО
М. С. П. о Н. Т.



Исаакъ Ньютонъ.

Дозв. ценз. Спб. 7 мая 1897 г. Тип. Вольфа.

И 384/136 М 42/139

Изданіе О. Н. ПОПОВОЙ.

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ БИБЛІОТЕКА.

[Серія I].

Антонъ Лампа.

530 Лам
БИБЛІОТЕКА ДЛЯ ВНѢШКОЛЬНАГО ЧТЕНІЯ М. С. П. и Н. Т.
ДОПУЩЕНО
М 76/641

СИЛЫ ПРИРОДЫ

и естественные законы.

Переводъ съ нѣмецкаго *Э. Лесгафта.*

Часть I.

съ 7 портретами знаменитыхъ физиковъ.

№. 6.

За взятое 1.00.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Текстъ печатанъ въ типографіи А. Лейферта, Б. Морская 65.
1897.

Дозволено цензурою С.-Петербургъ, 10 Мая 1897 года.

Государственная
ордена Ленина
БИБЛИОТЕКА СССР
им. В. И. ЛЕНИНА

79580-46

2011142795

Обложка и титулъ печатаны въ типографіи Б. М. Вольфа,
Разъѣзжая, 15.

СОДЕРЖАНІЕ.

		стр.
Предисловіе		1
Введеніе		12
Глава I.	Матерія	17
Глава II.	Величина молекулъ	22
Глава III.	Познаніе природы	27
Глава IV.	Принципъ сохраненія матеріи	31
Глава V.	Тяжесть	36
Глава VI.	Свободное паденіе тѣлъ	42
Глава VII.	Что такое работа?	49
Глава VIII.	Зависимость между работой и энергіей механическихъ силъ	54
Глава IX.	Природа тепла	60
Глава X.	Различныя физическія состоянія тѣлъ	69
Глава XI.	Второй законъ механической теоріи теплоты	75
Глава XII.	Законъ сохраненія энергіи	89
Глава XIII.	Энергія солнца	99
Глава XIV.	Возникновеніе планетной системы по Канту и Лапласу	107
Глава XV.	Кометы	117
Глава XVI.	Метеориты, метеоры и падающія звѣзды	134
Глава XVII.	Конецъ міра	146
Глава XVIII.	Система міра	157
Глава XIX.	Основныя ученія электростатики	166

БИБЛІОТЕКА
ДЛЯ ВЫДАЧИ КНИГЪ НА ДОМЪ
М. С. П. о Н. Т.

ПРЕДИСЛОВІЕ.

Всякій, кому выпадаетъ на долю составить популярное описаніе чего-либо, прежде всего бываетъ принужденъ отвѣтить на вопросъ, не является ли оно излишнимъ, ибо обиліе книгъ, въ которыхъ обширный кругъ читателей найдетъ разработанными разнообразныя отрасли естествознанія, является въ наше время достаточно великимъ; ту же цѣль преслѣдуютъ популярные научные журналы. Сверхъ того существуютъ еще ученыя общества и союзы, также преслѣдующіе цѣли распространенія естественно-научныхъ знаній. Несмотря на столь разнообразныя средства популяризаціи, работы на этомъ поприщѣ для всякаго еще много. Ученыя общества и ихъ изданія далеко не достигаютъ цѣли; матеріалъ, доставляемый ими, представляетъ пеструю набросанную кучу, ибо сегодня вамъ докладываютъ о моментальной фотографіи, завтра о бактеріяхъ, а послѣ-завтра о допотопныхъ ящерахъ. Все, что докладывается въ ученомъ обществѣ въ послѣдовательномъ порядкѣ, сразу появляется въ изданіи въ одномъ выпускѣ. Полагаютъ, повидимому, что мысли читателя не слѣдуетъ напрягать исключительно въ одномъ какомъ нибудь направленіи. Вѣдь это требуетъ усилій — стало быть, есть опасеніе потерять читателей. Подобнаго рода популяризаціи представляютъ нечто иное

какъ увеселеніе, которое является весьма кстати въ качествѣ смѣны легкихъ впечатлѣній болѣе серьезными въ ряду другихъ излюбленныхъ удовольствій. Наше сужденіе нисколько не теряетъ своего значенія отъ возраженія, что въ трудахъ ученыхъ обществъ время отъ времени появляются доклады весьма извѣстныхъ въ своей области ученыхъ; имя знаменитости придаетъ предмету пикантность и больше ничего. Но возможно, что публика, которой нравятся подобныя популяризаціи, способна еще увлечься чѣмъ нибудь болѣе серьезнымъ; приходится сожалѣть, что лица, стоящія во главѣ ученыхъ обществъ, не рѣшаются выступать на настоящій путь, который заключается въ установленіи систематическихъ курсовъ; сильно заблуждается всякій, кто думаетъ, что можетъ достигнуть нѣкоторыхъ знаній какимъ нибудь инымъ способомъ, а не систематическимъ изученіемъ; усвоеніе естественно-историческихъ свѣдѣній обыкновеннымъ читателемъ отличается отъ занятій ученаго только степенью работы. Всякое образованіе и развитіе непремѣнно требуютъ серьезной работы.

Наряду съ систематическими курсами, значеніе которыхъ оцѣнено у насъ въ Германіи и Австріи, повидимому, одними только рабочими, наиболѣе вѣрнымъ средствомъ для распространенія научныхъ знаній являются такія книги, въ которыхъ предметъ излагается систематически. Въ этомъ отношеніи дѣло обстоитъ нѣсколько лучше, ибо существуетъ не мало превосходныхъ сочиненій. Такъ напримѣръ, въ области физики образцовыми являются сочиненія Тиндаля. Тѣмъ не менѣе мнѣ кажется, что связное и полное изложеніе предмета заполнило бы пробѣлъ въ популярной физической литературѣ. Я говорю пробѣлъ, не рѣшаясь замѣнить его словомъ потребность, и счелъ бы себя вполнѣ удовлетвореннымъ за свой трудъ, еслибъ мнѣ удалось вызвать у читателей сознаніе подобной потребности.

Предпринятый мною трудъ вкратцѣ можно было бы назвать однимъ именемъ естественная философія (Naturphilosophie). Но понятіе это слѣдуетъ принимать въ иномъ смыслѣ и прямо противоположномъ тому, какое ему придавали во времена расцвѣта натурфилософіи. Послѣдняя поставила себѣ высокую цѣль объяснить природу философскими понятіями, но при этомъ впала въ одну ошибку;

именно, натурфилософія переступила предѣлы природы, вслѣдствіе чего натолкнулась на неизбѣжное противорѣчіе, на которомъ и потерпѣла крушеніе: она не могла обойтись безъ опыта, хотя въ намѣренія ея входило основать опытную науку на философскихъ понятіяхъ.

Ошибка натурфилософовъ заключалась въ томъ, что они вѣрили, будто для объясненія природы достаточно одной дедукціи. Но дедукція представляетъ заключеніе о частномъ, исходя изъ общаго; точная наука, конечно, не можетъ обойтись безъ этого способа мышленія, но она избѣгаетъ чудовищныхъ заключеній, какими ознаменовала себя натурфилософія, тѣмъ, что почерпаетъ свои общія понятія непосредственно изъ явленій, а потому они самымъ точнымъ образомъ совпадаютъ съ дѣйствительностью. Такія заключенія, въ которыхъ общее выводится изъ частныхъ случаевъ, называются индукціей и въ естествознаніи всюду предшествуютъ дедукціи. Индукціи одной естествознаніе обязано своими великими успѣхами, почему всѣ отрасли его и называютъ иногда индуктивными науками. Натурфилософія хотѣла обойтись безъ индукціи. Она не замѣтила при этомъ, что ея общія понятія вслѣдствіе недостаточной индукціи представляли слишкомъ слабую основу, чтобы опиравшаяся на нихъ дедукція могла принести какіе либо плоды. Въ лучшемъ случаѣ мы можемъ смотрѣть на натурфилософію, какъ на какой-то сонъ человѣческаго духа, пришедшаго въ восхищеніе отъ созерцанія своей собственной безграничности; въ лучшемъ случаѣ, говорю я, ибо въ воззрѣніяхъ натурфилософіи звучитъ одна фальшивая нота: въ возвышенныхъ полетахъ ея спекулятивнаго мышленія чувствуется тайное отвращеніе къ тщательной работѣ естествоиспытателей. „Кто не склонился бы, говоритъ Гельмгольцъ, предпочесть короткій самосозидающій путь чистаго мышленія тщательно и медленно подвигающейся впередъ поденщинѣ изслѣдованія природы?“

О натурфилософіи въ прежнемъ смыслѣ этого слова въ настоящее время не можетъ быть и рѣчи. Но все же я желалъ бы воспользоваться названіемъ естественная философія, ибо терминъ этотъ лучше всякого другого обозначаетъ тотъ конченый идеалъ, какой представляется взорамъ всякого истиннаго естествоиспытателя, вступающаго на путь изученія

природы, и который въ теченіе его послѣдующей дѣятельности рано или поздно обнаруживается въ результатахъ этого изслѣдованія. Подъ этимъ словомъ мы будемъ подразумѣвать общее представленіе о мірѣ, покоящееся на точномъ изслѣдованіи. Опредѣляя естественную философію подобнымъ образомъ, мы ужъ заранѣе исключаемъ всякія неопредѣленныя умствованія и фантастическія картины воображенія; въ то же время мы заявляемъ, что отнюдь не намѣреваемся дать вполнѣ законченное и точное изображеніе природы. Мы стоимъ на основахъ еще незаконченнаго точнаго изслѣдованія, и потому должны считать себя счастливыми, если будемъ въ состояніи утвердить для нашихъ воззрѣній лишь извѣстныя незыблемыя основы и провести лишь главныя черты рисуемой нами картины.

Подобная картина природы и есть именно то, чего ожидаетъ отъ естествоиспытателя всякій непосвященный въ тайны науки профанъ, который переросъ краткій катехизисъ знанія и недоступенъ пустымъ умствованіямъ, благодаря тому, что незнакомъ съ прежней философіей; онъ болѣе всего нуждается въ этомъ истинномъ „просвѣщеніи“, хотя бы порою и не вполнѣ сознавалъ необходимость его. Такъ называемый научный матеріализмъ, правда, собирался удовлетворить этой потребности; если я и признаю его стремленія вполнѣ здоровыми и правильными, то не могу все таки согласиться съ тѣмъ, чтобы онъ дѣйствительно надлежащимъ образомъ осуществилъ ихъ. Блуждающій матеріализмъ не выдерживаетъ критическаго испытанія, ибо въ концѣ концовъ является ни чѣмъ инымъ, какъ метафизической гипотезой. Понятія силы и матеріи, которыя положены въ основу его представленій, представляютъ нѣчто метафизическое, а не естественно-научное; матеріализмъ сходится со старой натурфилософіей еще и въ томъ, что строитъ или, по крайней мѣрѣ, старается построить законченную систему, чего заранѣе должно избѣгать всякое естественно-научное изображеніе природы. Я не хочу этимъ вовсе унизить неоцѣненную заслугу матеріализма, которая заключается въ томъ, что онъ навсегда изгналъ изъ области естествознанія нелѣпые измышленія и призраки; я полагаю только, что матеріалистическія воззрѣнія, освободивъ мышленіе отъ всякаго мусора и гнили, оставили нѣкоторый остатокъ, который совре-

менемъ будетъ проявляться все болѣе и болѣе. Но какъ справиться съ этимъ остаткомъ?

Я не вижу иного пути, кромѣ изученія природы. На этомъ пути мы во всякомъ случаѣ подходимъ къ проблемамъ, которыя предпочтительно разсматриваются въ философіи. Но оказывается, что онѣ доступны и точному изслѣдованію, такъ что въ этомъ отношеніи мы можемъ быть спокойны. То обстоятельство, что проблемы эти все болѣе и болѣе поддаются точному изученію, причемъ главное значеніе получаютъ математика и физіологія, достаточно убѣдительно доказываютъ, что точная наука о природѣ обладаетъ всѣми средствами для разрѣшенія ихъ. Мы могли бы доказать это и теоретическимъ путемъ, но считаемъ это здѣсь неумѣстнымъ.

Спрашивается, однако, удовлетворяютъ-ли естественно-научныя сочиненія потребностямъ истинной естественной философіи? Я не могу не придти къ заключенію, что подобная задача не получила еще надлежащаго осуществленія. Матеріала нагромождено много, но разобраться въ немъ предстоитъ еще въ будущемъ. Въ этомъ нѣтъ ничего удивительнаго. Каждая отдѣльная отрасль естествознанія всецѣло поглощаетъ занимающагося ею ученаго; поэтому тотъ, кто желалъ бы приступить къ выполненію указанной задачи, заранѣе принужденъ отказатся отъ мысли заняться разборомъ спеціальной дѣятельности ученаго. Его задача ограничивается тѣмъ, что онъ долженъ усвоить себѣ по возможности полное, притомъ основательное, знаніе изъ всѣхъ разнообразныхъ отраслей естествознанія, для чего требуются большія способности, много прилежанія и, прежде всего, время.

Во всякомъ случаѣ задача эта облегчается для него представленіями, слагающимися въ нѣдрахъ каждой отдѣльной науки и направленными къ сходной цѣли; мы говоримъ облегчается, ни въ какомъ случаѣ не подразумѣвая подъ этимъ ненужность его усилій, ибо общія представленія въ томъ видѣ, въ какомъ ихъ выдвигаютъ именно наиболѣе выдающіеся изслѣдователи, обнаруживаютъ, что возможна не одна, а нѣсколько исходныхъ точекъ. Они доставляютъ, такимъ образомъ, крайне цѣнное указаніе на путь, который слѣдуетъ избрать, причемъ отнюдь не надо думать, что

рѣшеніе можно найти, подведя просто итогъ всѣмъ этимъ отдѣльнымъ представленіямъ.

Естественная философія въ истинномъ смыслѣ этого слова представляется пока еще идеаломъ. Я вовсе не разсчитываю воплотить этотъ идеалъ въ предлагаемыхъ очеркахъ; я попытался лишь очертить физику въ смыслѣ этого идеала. Въ теоретическихъ основахъ я слѣдую за Гельмгольцемъ, сочиненія котораго „Vorträge und Reden", лучше, чѣмъ какая либо другая книга, можетъ ввести начинающаго въ кругъ представленій естествоиспытателя. Въ этой поразительной по обилію мыслей книгѣ заключаются многія положенія, оцѣненныя пока не всѣми естествоиспытателями. Но для меня имѣетъ значеніе не столько возраженія со стороны другихъ, сколько степень точности и доказательности этихъ положеній, и этимъ я лишь оцѣнивалъ значеніе ихъ. Я не вижу, чтобы извѣстные до сихъ поръ факты опровергали ихъ, хотя, конечно, не исключаю возможности того, что положенія эти впослѣдствіи, при дальнѣйшемъ изученіи могутъ быть опровергнуты.

Въ остальномъ же я охотно допускаю, что воззрѣніямъ Гельмгольца я придаю большее значеніе, чѣмъ воззрѣніямъ другихъ изслѣдователей. Физіологъ Энгельманъ въ своей рѣчи въ память Гельмгольца говоритъ: „Человѣчество теряетъ въ Гельмгольцѣ не только великаго ученаго, но цѣлое сочетаніе первоклассныхъ мыслителей и изслѣдователей, сочетаніе, которое, можетъ быть, никогда не совмѣщалось до такой степени въ одномъ лицѣ. Въ нашъ вѣкъ развитія спеціальностей онъ рядомъ съ Александромъ Гумбольдтомъ является самымъ универсальнымъ геніемъ всего столѣтія, творчески-дѣятельно открывающимъ новые пути въ каждой области, въ какую только вступалъ, представляя каждой своей работой вполнѣ зрѣлый плодъ методическаго изслѣдованія. Подобно тому, какъ въ древности семь городовъ спорили за Гомера, такъ каждая изъ слѣдующихъ наукъ: математика, физика, химія, медицина, физіологія и теорія искусства,—считаютъ Гельмгольца своимъ". Подобный ученый во всякомъ случаѣ заслуживаетъ того, чтобы въ вопросахъ математики и физіологіи его выслушивали прежде другихъ. Что касается исходной точки Гельмгольца, то ее не безъ основанія считаютъ пессимистической, ибо онъ не

считаетъ возможнымъ свести явленія нашей духовной жизни на движеніе. Далѣе, слѣдуетъ указать на апріорность закона причинности — положеніе, котораго придерживался именно Гельмгольцъ, и на которомъ основываемся и мы. Но именно допущеніе апріорности закона причинности, заключающагося въ томъ, что никакое дѣйствіе невозможно безъ причины, даетъ точку опоры для положенія, что природа можетъ быть нами понята, причемъ упомянутый выше пессимизмъ не представляется уже вредоноснымъ для дальнѣйшаго развитія знанія. Я однако вовсе не сторонникъ мнѣнія, будто доказательства Гельмгольца въ пользу апріорности закона причинности не могутъ быть поколеблены. Возможно, что изслѣдованіе этого положенія съ точки зрѣнія теоріи развитія приведетъ къ противоположному результату и къ мнѣніямъ, которыхъ придерживаются естествоиспытатели-оптимисты. Мнѣ кажется, что невозможно дѣлать какіе либо окончательные выводы въ теоріи познанія, которая еще только вступаетъ на путь естественно-историческаго развитія, ибо пока невозможно предвидѣть, какую роль въ этомъ отношеніи будутъ играть привлеченныя къ этому вопросу разныя другія отрасли естествознанія.

Точка зрѣнія Гельмгольца далеко не представляется столь пессимистической, какъ воззрѣнія цѣлой группы физиковъ, самымъ даровитымъ представителемъ которыхъ явился на послѣднемъ съѣздѣ естествоиспытателей въ Вѣнѣ профессоръ Махъ. Это крайне пессимистическое воззрѣніе желаетъ совершенно удалить изъ области естествознанія законъ причинности, т. е. понятія о причинѣ и дѣйствіи, такъ какъ представителямъ его кажется, что понятія эти запятнаны извѣстной долей фетишизма; отнесеніе всѣхъ явленій къ элементарнымъ дѣйствіямъ, что представляется идеаломъ механическаго воззрѣнія на природу, является на взглядъ этого мнѣнія не удовлетвореніемъ требованія закона причинности, а лишь примѣненіемъ извѣстнаго способа представленій, блестяще заявившемъ о себѣ въ механикѣ неба. Это мнѣніе примыкаетъ къ опредѣленію Кирхгофа, которое онъ далъ для механики и ея задачъ: „Механика есть ученіе о движеніи; ея задачей мы считаемъ описывать вполнѣ и самымъ простымъ образомъ движенія, наблюдаемыя въ природѣ“.

Это опредѣленіе прилагали ко всей физикѣ и даже вообще ко всѣмъ естественнымъ наукамъ. Оно не возбуждало сомнѣнія въ примѣненіи къ наукамъ, которыя и прежде считались описательными, но для физики подобное опредѣленіе представлялось сразу какимъ-то ограниченіемъ ея сферы изученія, ибо стоитъ въ прямомъ противорѣчіи съ уже полученными въ ней результатами. Если подъ закономъ природы подразумѣвать не что иное какъ простое описаніе, то противорѣчіе неизбѣжно, но оно исчезаетъ при ближайшемъ разсмотрѣніи. „Физика, по сравненію со многими другими науками, пользуется нѣкоторымъ понятнымъ преимуществомъ. Когда, напримѣръ, анатомъ въ поискахъ за признаками сходства и различія въ строеніи тѣла животнаго постепенно приходитъ къ очень сложнымъ классификаціямъ, то при этомъ крайніе и самые частные члены системы представляются ему настолько различными, что онъ неминуемо долженъ указать каждый изъ нихъ въ отдѣльности. Физика, наоборотъ, вводитъ насъ въ область качественно сходныхъ явленій, которыя отличаются другъ отъ друга лишь количественно, т. е. числомъ сходныхъ членовъ, на которые распадаются ихъ признаки. Даже тамъ, гдѣ приходится имѣть дѣло съ качествами (цвѣта и звуки), мы имѣемъ возможность пользоваться ихъ количественными признаками. Задача классификаціи настолько при этомъ проста, что не всегда ясно представляется сознанію; даже при безконечно мелкихъ отступленіяхъ и въ цѣломъ рядѣ явленій систематизація по количеству все же доступна намъ въ любомъ желаемомъ предѣлѣ. Соотвѣтственныя явленія слишкомъ сходны и родственны, такъ же какъ ихъ описанія, которыя заключаются въ числовомъ выраженіи извѣстныхъ признаковъ посредствомъ числоваго выраженія другихъ признаковъ, съ помощью удобныхъ математическихъ пріемовъ. Здѣсь, слѣдовательно, можетъ быть найдено то общее, которое заключается во всѣхъ описаніяхъ, такъ что возможно установить описаніе, охватывающее всѣ отдѣльныя частныя описанія, которое мы и называемъ закономъ“. (Махъ).

Если бы мы захотѣли указать существенное различіе между воззрѣніями Маха и воззрѣніями Гельмгольца, то могли бы установить его лишь въ психологическомъ отно-

шеніи. Въ физическомъ методѣ они совершенно совпадаютъ; различіе выступаетъ лишь при вопросѣ, въ какой мѣрѣ завоеванія науки способны доставить намъ философское удовлетвореніе. Гельмгольцъ считаетъ законъ причинности апріорнымъ, т. е. по его мнѣнію, въ насъ существуетъ потребность отыскивать причины, и эта потребность удовлетворяется научными изслѣдованіями. Кирхгофъ и его сторонники не хотяхъ признавать никакой такой потребности, а потому, по ихъ мнѣнію, не можетъ быть и рѣчи о ея удовлетвореніи. Идеалъ этихъ изслѣдователей можно бы назвать логически-эстетическимъ, и несомнѣнно взгляды ихъ будутъ господствовать въ области изслѣдованія Но въ настоящее время мы не въ состояніи еще судить о томъ, окажутся ли они рѣшающими въ области общихъ представленій, которыя тѣсно примыкаютъ къ области точныхъ изслѣдованій и для которыхъ Гельмгольцъ далъ намъ въ вышеупомянутомъ своемъ сочиненіи непреходящіе образцы.

На предшествующихъ страницахъ я старался опредѣлить ту руководящую точку зрѣнія, которая была положена мною въ основу настоящей книги. Мнѣ остается еще сказать кое-что относительно тѣхъ средствъ и того пути, которыя я считалъ наиболѣе подходящими для достиженія намѣченной цѣли. Само собою разумѣется, что главное мѣсто я удѣлилъ опытному знанію; наблюденіе и опыты являются исходными точками всѣхъ предлагаемыхъ мною выводовъ. Что касается моихъ взглядовъ, относящихся къ теоріи познанія, то на этотъ счетъ я уже высказался. Не слѣдуетъ, однако, упускать изъ виду, что фактическій матеріалъ, предоставляемый въ наше распоряженіе физической наукой, чрезвычайно обширенъ, и тотъ, кто пожелаетъ произвести надлежащій выборъ наиболѣе подходящихъ фактовъ изъ наличнаго матеріала, берется за дѣло далеко не легкое. При выборѣ я руководился слѣдующимъ основнымъ положеніемъ: прежде всего приводить такіе факты, которые уже сами по себѣ могли бы представить нѣкоторый интересъ для читателя; я надѣюсь, что теоретическій характеръ книги нисколько не пострадалъ отъ введенія такого нѣсколько практическаго момента при выборѣ фактовъ.

Само собою разумѣется, что, преслѣдуя въ своей книгѣ вышеизложенныя цѣли, я долженъ былъ изложить, хотя бы въ краткихъ чертахъ, теорію возникновенія міра Канта-Лапласа. Нельзя не признать, однако, что точность этой теоріи оставляетъ желать еще очень многого, въ особенности это относится къ ея болѣе ранней редакціи, принадлежащей Канту. Въ виду этого, я принялъ исходной точкой, при изложеніи теоріи, вращающійся газообразный шаръ и ограничился изображеніемъ развитія планетной системы. Но недостаточная разработка частностей не можетъ ослабить значеніе теоріи Канта-Лапласа; центръ тяжести послѣдней лежитъ не въ частностяхъ, а въ томъ, что она даетъ намъ возможность объяснить устройство вселенной при помощи однихъ механическихъ принциповъ. Такого значенія теоріи Канта-Лапласа никто, конечно, отрицать не станетъ.

Далѣе, я нѣсколько подробнѣе, чѣмъ, можетъ быть, казалось бы нужнымъ въ популярной книжкѣ, остановился на разъясненіи второго закона механической теоріи тепла; не думаю, чтобы противъ этого можно было сдѣлать вѣскія возраженія. Значеніе второго закона далеко простирается за предѣлы ученія о теплотѣ, и этимъ уже въ достаточной мѣрѣ оправдывается моя попытка; я нисколько не колебался въ своемъ рѣшеніи изложить второй законъ теоріи тепла, такъ какъ считаю традиціонное имущество нашихъ научно-популярныхъ сочиненій явленіемъ въ высшей степени ненормальнымъ. Для серьезнаго читателя, не боящагося умственной работы, не представляетъ особенной трудности одолѣть абстракціи Сади-Карно.

Равнымъ образомъ я не побоялся ввести въ ученіе объ электричествѣ понятіе потенціала. Ознакомившись предварительно, въ первыхъ главахъ этой книжки, посвященныхъ разсмотрѣнію законовъ механики, съ понятіемъ работы, читатель врядъ-ли встрѣтитъ какія-либо затрудненія для уясненія себѣ понятія о потенціалѣ: математическое же значеніе его совершенно не входитъ въ наше изложеніе. Для человѣка, знакомаго съ современнымъ состояніемъ науки, нѣтъ надобности объяснять, почему мною удѣлено сравнительно такъ много мѣста ученію объ электричествѣ. Читатель узнаетъ причину этого, когда ознакомится съ содержаніемъ предлагаемой книги.

Что касается до внѣшней формы, то она является только отраженіемъ самаго происхожденія книги. Въ основу первой части положены мною тѣ лекціи, которыя я читалъ въ Образовательномъ Обществѣ Рабочихъ; мнѣ казалось наиболѣе удобнымъ сохранить принятое первоначально раздѣленіе на бесѣды или главы и для второй части.

Да будетъ суждено этой книгѣ содѣйствовать расширенію естественно-историческаго образованія!

Авторъ.

Вѣна, Январь 1895.

БИБЛІОТЕКА
ДЛЯ ВЫДАЧИ КНИГЪ ДОМЪ
М. С. П. о Н. Т.

ВВЕДЕНІЕ.

Методъ естествознанія.—Понятіе о законѣ природы.—Время и пространство.

Область естествознанія безпредѣльна, и естественныя науки достигли въ наше время такого развитія, что человѣку, который могъ бы и хотѣлъ бы посвятить изученію ихъ все свое время, не удалось бы и наполовину обозрѣть вполнѣ всѣ отдѣлы ихъ; тѣмъ труднѣе сдѣлать это всѣмъ, кто занятъ иной работой. Съ другой стороны, существуетъ несомнѣнный интересъ и потребность узнать что-либо объ окружающемъ насъ мірѣ, бросить хотя бы одинъ взглядъ въ область неутомимо дѣятельной природы и познать хотя бы главные управляющіе ею законы. Но къ счастью, для удовлетворенія этой потребности нѣтъ надобности знакомиться съ безчисленными пріобрѣтеніями естественныхъ знаній, которыхъ такъ много накопилось въ наше время, и число которыхъ увеличивается съ каждымъ днемъ, такъ что память наша не въ состояніи усвоить ихъ; подобное знаніе вдобавокъ не принесло бы намъ того, что мы ожидаемъ отъ него: оно не привело бы насъ къ пониманію природы. Для этой цѣли достаточно познать основные законы, согласно которымъ совершаются явленія природы.

Рядъ послѣдующихъ главъ и предполагаетъ познакомить читателя съ этими основными законами. Но прежде чѣмъ приступить къ выполненію намѣченной задачи, я считаю необходимымъ предпослать нѣкоторыя общія со-

ображенія, которыя, съ одной стороны, устранятъ нѣкоторыя заблужденія, могущія встрѣтиться на этомъ пути, съ другой стороны — составятъ необходимое введеніе къ послѣдующему изложенію.

Предметъ, которымъ занимается естествознаніе, ясенъ изъ самаго названія его. Подъ природой мы подразумѣваемъ совокупность всѣхъ явленій, которыя мы можемъ воспринять нашими пятью чувствами. Мы называемъ вещью все то, что производитъ дѣйствіе, воспринимаемое нашимъ сознаніемъ черезъ чувства. Изъ этого стало быть ясно, что вещи мы можемъ познавать не вполнѣ, ибо мы видимъ лишь очертанія и цвѣта ихъ, мы слышимъ издаваемые ими звуки, мы можемъ ощупать лишь поверхность ихъ, обоняемъ ихъ запахъ и языкомъ ощущаемъ ихъ вкусъ; но у насъ нѣтъ никакихъ средствъ познать, что производитъ дѣйствіе на наши чувства; поэтому приходится признать, что естествознаніе есть познаніе явленій.

Остановившись на подобномъ опредѣленіи, мы оказываемся въ состояніи судить, какимъ образомъ развивалось въ прошлыя времена естествознаніе. Всѣхъ занимавшихся имъ ученыхъ мы можемъ распредѣлить на три группы. Представители первой группы признали, что каждому роду вещей присущи особыя скрытыя свойства, отъ которыхъ по какой-либо такъ-же непонятной причинѣ зависятъ дѣйствія самихъ вещей. Это воззрѣніе характерно для средневѣковаго схоластическаго мы забросали, который, покоясь на ученіи греческаго философа Аристотеля, развивался въ монастыряхъ и университетахъ и занялъ тогда господствующее положеніе. Это міровоззрѣніе утверждаетъ, что отдѣльныя дѣйствія проистекаютъ отъ скрытыхъ свойствъ вещей, но не объясняетъ, откуда происходятъ эти послѣднія. Вмѣсто объясненій оно даетъ лишь названія, и потому представляетъ лишь извѣстный способъ выраженія, а не знаніе.

Вторая группа хотѣла исправить ошибки схоластическихъ ученій и старалась прежде всего освободиться отъ ненужныхъ и ничего не значущихъ словъ. Представители этой группы учили, что всѣ вещи одинаковы, и что различныя дѣйствія ихъ проистекаютъ не отъ скрытыхъ свойствъ, а отъ нѣкоторыхъ такъ же недоступ-

міровоззрѣніе

ныхъ нашимъ чувствамъ и въ высшей степени тонкихъ жидкостей, такъ называемыхъ флюидовъ, которыя обладаютъ значительной подвижностью, свободно проходятъ черезъ вещи и возбуждаются скрытыми движеніями. Намъ теперь совершенно ясно, что подобное воззрѣніе представляетъ не что иное, какъ изгнаніе дьявола съ помощью самого-же дьявола; скрытыя свойства оказались замѣненными разными другими порожденіями фантазіи, которыя нисколько не уясняли истинное устройство вещей, ибо тщетно было-бы объяснить произвольными догадками то, что съ трудомъ можетъ быть установлено точными наблюденіями. Всякій, кто исходитъ изъ подобныхъ догадокъ, при всей остротѣ и силѣ своего ума, создаетъ только басню, порою весьма изящную и красивую, но все-же лишь басню.

Лишь представители третьей группы имѣютъ право называться истинными естествоиспытателями. Ихъ способъ изслѣдованія заключается въ точномъ и подробномъ наблюденіи явленій; для этой цѣли они не только наблюдаютъ представляющіяся намъ явленія, но стараются съ помощью особо придуманныхъ приспособленій вызывать ихъ, или, иными словами, производятъ такіе опыты, которые лучше всего объясняютъ причины явленій. Явленія, которыя можно свести къ одной и той-же причинѣ, они связываютъ воедино и затѣмъ пытаются узнать, вслѣдствіе какихъ условій одинаковыя причины приводятъ иногда къ различнымъ слѣдствіямъ. Говоря вкратцѣ, такіе ученые отыскиваютъ въ явленіяхъ законность. Слѣдуетъ однако подчеркнуть, что подобные поиски заключаются вовсе не въ произвольномъ придумываніи какихъ либо правилъ и законовъ, чтобы потомъ насильно объяснять ими явленія, а совсѣмъ наоборотъ: законъ извлекаютъ изъ самыхъ явленій, въ которыхъ онъ затемняется различными побочными вліяніями. Естественно, что такіе законы можно вывести лишь изъ ограниченнаго числа хотя-бы и весьма многочисленныхъ отдѣльныхъ явленій; такой выведенный законъ получаетъ цѣнное подтвержденіе, если оказывается, что онъ въ состояніи съ успѣхомъ предсказать новыя еще неизвѣстныя намъ явленія. Исторія естествознанія богата примѣрами подобныхъ предсказаній. Но съ другой стороны, ограничиваясь по необходимости лишь частью яв-

леній, мы легко сталкиваемся съ возможностью, что выведенный изъ нихъ законъ не есть законъ природы, что иными словами, онъ не имѣетъ всеобщаго значенія; тогда во всякомъ случаѣ съ теченіемъ времени обнаружится противорѣчіе между нимъ и новыми явленіями, которое лишитъ его признанной было за нимъ всеобщности. Достаточно, чтобы такому закону не подчинялось одно только явленіе, и онъ уже перестаетъ быть закономъ, ибо, какъ мы уже указали выше, главное значеніе принадлежитъ явленіямъ, а не извлекаемымъ изъ нихъ законамъ. Законъ природы не есть законъ въ юридическомъ смыслѣ; онъ не представляетъ запрещенія или приказанія, а потому никакое явленіе не можетъ преступить его, а просто уничтожаетъ его. Поэтому въ области естествознанія излюбленная поговорка „нѣтъ правила безъ исключенія“ не имѣетъ приложенія, ибо всякое исключеніе уничтожаетъ правило.

Этому способу изслѣдованія природы, котораго придерживается третья группа ученыхъ, естествознаніе обязано своимъ подъемомъ, своимъ необычайнымъ развитіемъ, своими ежедневными и ежечасными успѣхами. Будемъ-же поэтому помнить, что мы обязаны своими успѣхами въ естественныхъ наукахъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ и своимъ господствомъ надъ природой, наблюденію, опыту и построеннымъ на нихъ заключеніямъ.

Отрицаніе и неподчиненіе этому столь понятному на первый взглядъ образу дѣйствій приводило къ страннымъ послѣдствіямъ не только въ прежнее, но, къ сожалѣнію, и въ наше время. Въ древности считалось твердо установленной истиной, что планеты движутся вокругъ солнца по кругамъ, на томъ основаніи, что круговое движеніе самое совершенное. Въ средніе вѣка утверждали, что на солнцѣ не можетъ быть пятенъ, такъ какъ солнце самое совершенное изъ свѣтилъ; далѣе, что земля находится въ покоѣ, а солнце движется кругомъ нея, что природа боится пустоты и многое другое. Но и въ нашемъ столѣтіи всплывали подобныя ученія, напримѣръ, ученіе о томъ, что небесныя свѣтила въ своемъ движеніи не подчиняются опредѣленнымъ законамъ, а ведутъ себя подобно блаженнымъ богамъ древней миѳологіи; далѣе, ученіе о томъ, что

давленіе, тяжесть и другія явленія совершаются только на землѣ, а не на всѣхъ небесныхъ тѣлахъ.

Но приступимъ къ изложенію предмета нашего настоящаго изученія. Время и пространство—вотъ основныя понятія, на которыя мы наталкиваемся, какъ только приступаемъ къ изученію явленія. Для изученія явленій необходимо обладать возможностью измѣрить время и пространство, т. е. сравнивать другъ съ другомъ промежутки времени по ихъ продолжительности, а части пространства по ихъ величинѣ. Движеніе, именно равномѣрное движеніе, является средствомъ измѣренія времени. Для такого измѣренія мы пользуемся равномѣрнымъ движеніемъ, представляемымъ отчасти самой природой, напримѣръ, движеніемъ земли вокругъ солнца (годъ), обращеніемъ земли около своей оси (день); съ другой стороны, мы пользуемся искусственно созданнымъ равномѣрнымъ движеніемъ, напримѣръ часами. Что касается пространства, то свойства его мы находимъ изъ наблюденій; но познать истинную природу пространства и времени мы не въ состояніи, что впрочемъ вовсе не представляется необходимымъ для изученія явленій.

Самое существенное свойство пространства есть его простираніе по тремъ направленіямъ, которыя удачно обозначаются терминами: длина, ширина и высота или глубина; троякое простираніе это можно съ удобствомъ наблюдать на любомъ кубѣ: въ каждомъ изъ восьми угловъ его сталкиваются три ребра, три линіи которыхъ указываютъ троякое направленіе простиранія. Это троякое простираніе позволяетъ намъ свести измѣреніе пространства на всѣмъ извѣстное измѣреніе длины. Время и пространство имѣютъ общее свойство, именно безконечность, заключающееся въ томъ, что мы не можемъ представить себѣ ихъ конечными. Здѣсь, стало быть, мы наталкиваемся на положеніе, которое мы не въ состояніи провѣрить наблюденіемъ; наблюденіе невозможно, но достаточной является самая необходимость мыслить подобнымъ образомъ.

БИБЛІОТЕКА
ДЛЯ ВЫДАЧИ КНИГЪ НА ДОМЪ
М. С. П. о Н. Т.

ГЛАВА I.

О матеріи.

Представляетъ-ли матерія нѣчто цѣльное и непрерывное, или нѣтъ? — Матерія съ точки зрѣнія атомистическаго представленія.—Доказательства въ пользу правильности послѣдняго.

Мы называемъ матеріей то неизвѣстное Нѣчто, изъ чего составлены всѣ вещи въ мірѣ. Что такое матерія,—это мы столь-же мало въ состояніи объяснить, какъ не можемъ объяснить природу пространства и времени; но зато мы имѣемъ возможность указать всѣ свойства матеріи, имѣющія значенія для научнаго изслѣдованія.

Матерія составляетъ вещи, въ ней заключается ихъ сущность, она носительница свойствъ ихъ, отъ нея исходятъ впечатлѣнія, которыя они производятъ на наши чувства. Изученіемъ ея свойствъ занимаются двѣ науки: Физика и Химія, но каждая исходитъ при этомъ изъ своей точки зрѣнія.

Такъ какъ различныя вещи обладаютъ различными свойствами, то мы должны допустить существованіе различныхъ матерій, изучать и классифицировать которыя является задачей химіи. Химія доказала, что существуетъ извѣстное число простыхъ матерій, которыя, соединяясь другъ съ другомъ, образуютъ всѣ вещи, встрѣчающіяся въ природѣ и значительное число такихъ, какихъ мы въ природѣ не встрѣчаемъ. Она выдѣлила сперва изъ естественныхъ соединеній

7766

элементы и затѣмъ постаралась обратно образовать изъ нихъ всевозможныя соединенія. Задача химіи опредѣляется такимъ образомъ тѣмъ, что она изслѣдуетъ особыя свойства каждаго тѣла—такъ называемъ мы каждую вещь по отношенію строенія ея изъ матеріи—и всѣ явленія, вслѣдствіе которыхъ измѣняется внутренній составъ тѣлъ.

Физика оставляетъ въ сторонѣ всѣ явленія, измѣняющія внутренній составъ тѣлъ, и занимается лишь такими, которыя не измѣняютъ навсегда внутренній составъ ихъ. Задачу ея поэтому можно опредѣлить въ краткихъ словахъ слѣдующимъ образомъ: она изслѣдуетъ общія свойства всѣхъ тѣлъ, прослѣживая ихъ въ трехъ состояніяхъ, въ какихъ послѣднія представляются намъ: въ твердомъ, жидкомъ и газообразномъ; она всесторонне изслѣдуетъ твердыя, жидкія и газообразныя тѣла, не задаваясь вопросомъ, какого рода матерія въ данномъ случаѣ составляетъ ихъ. Эти изслѣдованія составляютъ первую часть физики. Вторую часть составляетъ изслѣдованіе четырехъ большихъ группъ явленій, извѣстныхъ намъ въ природѣ; это явленія свѣта, теплоты, магнетизма и электричества.

Разсмотримъ сперва матерію съ физической стороны.

Обыкновенное воззрѣніе учитъ насъ, что вещи размѣщаются въ пространствѣ такимъ образомъ, что между ними остаются пустые не наполненные матеріей промежутки. Матерія поэтому не наполняетъ пространство вполнѣ и непрерывно; наоборотъ, пространство занятое самими вещами она, повидимому, наполняетъ вполнѣ.

Если мы разсмотримъ какой нибудь предметъ, напримѣръ, билліардный шаръ, стаканъ воды и т. п., то внутри этихъ предметовъ не найдемъ нигдѣ ни малѣйшаго пространства, которое не было бы занято костью, водой и т. п., поэтому намъ будетъ казаться, что матерія представляетъ нѣчто непрерывно связанное; но болѣе тщательное изслѣдованіе свойствъ ея заставляетъ насъ думать какъ разъ обратное, именно, что матерія не наполняетъ тѣла непрерывно, и что внутри ихъ существуютъ пустые ненаполненные ею промежутки, столь ничтожные, что ихъ не можетъ замѣтить ни самое острое зрѣніе, ни вооруженный увеличительнымъ стекломъ или микроскопомъ глазъ.

Всякая матерія дѣлима, такъ какъ всѣ вещи можно разло-

жить на отдѣльныя части, и дробленіе это столь безпредѣльно, что невозможно указать или достигнуть его границъ. Небольшой кусочекъ мускуса, какъ извѣстно всякому, распространяетъ въ пространствѣ, гдѣ онъ помѣщается, острый запахъ, такъ какъ онъ непрерывно разсѣваетъ въ немъ часть своей матеріи, и сколько бы лѣтъ онъ ни пролежалъ на мѣстѣ убыль въ его вѣсѣ невозможно было-бы опредѣлить, такъ какъ выдѣляемыя имъ частички столь малы, что не поддаются никакому измѣренію. Это явленіе можно объяснить лишь двумя допущеніями: либо матерія дѣлима до безконечности, т. е. что дробленіе ея можно продолжать произвольно, не достигнувъ никогда конца этого процесса, либо что при продолжающемся дѣленіи получаются наконецъ частички, не поддающіяся дальнѣйшему дробленію. Оба эти допущенія одинаково согласуются съ указанной выше возможностью того, что матерія либо наполняетъ вполнѣ, либо не наполняетъ занятое тѣломъ пространство. Въ послѣднемъ случаѣ намъ приходится представлять себѣ матерію въ видѣ скопленія отдѣльныхъ частицъ, называемыхъ молекулами, которыя висятъ въ тѣлѣ рядомъ, не касаясь другъ друга.

Мы стоимъ теперь передъ вопросомъ, которому изъ этихъ допущеній отдать предпочтеніе. Простое разсужденіе приводитъ къ тому, что мы оставляемъ безъ вниманія первое, болѣе простое и напрашивающееся само собою рѣшеніе и склоняемся въ пользу второго допущенія. Вѣдь совершенно ясно, что если бы матерія заполняла непрерывно пространство, занятое тѣломъ, то тѣло не возможно было-бы сжать, развѣ только допустивъ, что сама матерія сжимаема. Но это допущеніе именно принадлежитъ къ числу невозможныхъ въ естествознаніи и предполагаетъ въ матеріи непонятную скрытую сущность, которая должна разъяснить наблюдаемое въ тѣлахъ свойство. Такое объясненіе, стало быть, не есть объясненіе, ибо только отстраняетъ затрудненіе, нисколько не разъясняя его. Опытъ учитъ, что всѣ вещи сжимаемы: мы можемъ сжать кусокъ каучука, слоновой кости, желѣза, примѣняя для того соотвѣтствующее давленіе; а принявъ второе допущеніе, мы оказываемся въ состояніи объяснять явленія сжатія, не придавая матеріи никакихъ особыхъ скрытыхъ свойствъ; мельчайшія частички

молекулы сближаются, промежутки между ними становятся меньше, и все тѣло отъ давленія занимаетъ меньше пространства.

Для наглядности представимъ себѣ залъ, въ которомъ находится 1000 человѣкъ; если они столпятся, то не будутъ занимать всего помѣщенія, а лишь часть его, и не потому чтобы сами люди стали меньше или тоньше, а потому, что промежутки между ними сократились.

Дробленіе тѣла мы можемъ производить различными способами: разламываніемъ, разрѣзываніемъ, разскалываніемъ, растираніемъ, кипяченіемъ; при всѣхъ этихъ способахъ дробленія химическій составъ тѣла нисколько не измѣняется, еслибы даже дробленіе дошло до раздѣленія на молекулы; молекулы остаются еще однородными, образуя такимъ образомъ предѣлъ, до котораго можетъ достигнуть физическое дѣленіе. Но если разложить сложное тѣло химически, напримѣръ, разложить обыкновенную поваренную соль на обѣ ея составныя части, на натрій (металлъ) и хлоръ (газъ), то мы получаемъ два новыхъ въ отдѣльности однородныхъ тѣла; въ этомъ случаѣ, стало быть, молекулы сложнаго тѣла подверглись дальнѣйшему дѣленію, но не физическимъ, а химическимъ путемъ. Частички, на которыя молекула раздѣлилась химическимъ способомъ, называются **атомами**. Атомы представляютъ послѣднія мельчайшія частички матеріи, которыя уже не поддаются дальнѣйшему дѣленію. Поэтому принимаемые въ физикѣ и химіи взгляды на строеніе матеріи называются атомистическими.

Мы сказали, что задача химіи заключается въ изученіи внутреннихъ свойствъ тѣлъ; поэтому при дальнѣйшихъ доказательствахъ въ пользу справедливости атомистическаго представленія матеріи мы будемъ главнымъ образомъ ссылаться на эту науку.

Если помѣстить въ сосудъ литръ (кубическій дециметръ) кислорода и два литра водорода, то получается простая смѣсь обоихъ этихъ газовъ, которые проникаютъ другъ друга нисколько не измѣняясь взаимно; они сохраняютъ свои свойства неопредѣленно долгое время. Но если зажечь эту смѣсь, то въ ней происходитъ оживленное движеніе, сопровождающееся явленіями свѣта и нагрѣванія. Но явле-

нія эти преходящи и длятся очень короткое время, и послѣ нихъ все опять приходитъ въ ненарушимый покой. Если затѣмъ изслѣдовать содержимое сосуда, то въ немъ уже не окажется ни кислорода, ни водорода: оба газа исчезли совершенно, и вмѣсто нихъ появилось новое тѣло, именно вода. Взвѣсивъ сосудъ до и послѣ этого явленія, мы находимъ, что оба газа измѣнились и соединились, не потерявъ нисколько своей матеріи. Въ началѣ въ сосудѣ находились два объема водорода и одинъ объемъ кислорода, а послѣ соединенія въ немъ оказывается одна вода. Оба газа, слѣдовательно, соединились вполнѣ и безъ остатка. Если однако смѣшать газы въ иномъ отношеніи, напримѣръ, если вмѣсто одного объема кислорода взять два, то этотъ избытокъ его окажется совершенно излишнимъ; въ соединеніе съ двумя литрами водорода вступаетъ лишь одинъ литръ кислорода, и послѣ соединенія лишній литръ кислорода останется вмѣстѣ съ водою. Вода поэтому представляетъ не простое соединеніе водорода и кислорода, но соединеніе двухъ объемовъ водорода съ однимъ объемомъ кислорода. Химія возвела въ законъ то, что мы пытались объяснить предлагаемымъ примѣромъ: каждое соединеніе происходитъ въ постоянныхъ неизмѣнныхъ отношеніяхъ, и вѣса составныхъ тѣлъ, слагающихъ сложное тѣло, находятся также въ опредѣленныхъ отношеніяхъ другъ къ другу.

Еслибы мы признали, что матеріи есть нѣчто непрерывно наполняющее пространство, и что она въ концѣ концовъ не распадается на атомы, то невозможно было бы понять ходъ подобнаго соединенія. Представляетъ ли онъ взаимное проникновеніе различныхъ матерій—иначе вѣдь невозможно и представить себѣ это—причемъ каждая изъ нихъ продолжаетъ непрерывно наполнять пространство? Почему въ такомъ случаѣ тѣла соединяются лишь въ постоянныхъ отношеніяхъ? Этотъ законъ не стоялъ бы тогда ни въ какой связи съ представленіемъ непрерывности матеріи и рядомъ съ ней представлялся бы чѣмъ то случайнымъ. Но все становится понятнымъ, лишь только мы представимъ себѣ матерію составленной изъ атомовъ. Въ этомъ случаѣ совершенно ясно, какимъ образомъ два тѣла могутъ соединиться для образованія третьяго; соединяются

атомы составныхъ частей, образуя сложную молекулу. Далѣе, въ моментъ, когда происходитъ соединеніе атомовъ, всѣ молекулы должны придти въ сильное движеніе, а вѣдь мы видимъ, что это дѣйствительно происходитъ. Если мы имѣемъ два неразложимыхъ тѣла, такъ называемые элементы, какими въ приведенномъ примѣрѣ являются водородъ и кислородъ, то они, естественно, обладаютъ тѣми же химическими свойствами, какъ и атомы ихъ; но какъ скоро они соединились, образовавъ воду, то возникли новыя самостоятельныя молекулы, составленныя изъ атомовъ кислорода и водорода, поэтому вновь возникшее вещество уже не будетъ обладать химическими свойствами образовавшихъ его элементовъ.

Какъ бы малы ни были атомы простого тѣла, все же они должны обладать собственнымъ вѣсомъ, различнымъ конечно для атомовъ различныхъ тѣлъ. Изъ этого слѣдуетъ, что соединеніе ихъ, въ которое они вступаютъ въ опредѣленномъ числѣ, совершается также въ опредѣленномъ вѣсовомъ отношеніи.

Химія учитъ насъ цѣлому ряду другихъ явленій и законовъ, которые также были бы непонятны, если представлять себѣ матерію непрерывно наполняющей пространство, между тѣмъ какъ пониманіе ихъ не представляетъ никакихъ трудностей, если прибѣгнуть къ атомистическимъ представленіямъ о строеніи матеріи. Мы не считаемъ нужнымъ излагать здѣсь эти явленія и законы, ибо внимательный разборъ приведеннаго разсужденія достаточенъ, чтобы считать атомистическое представленіе о строеніи матеріи вполнѣ обоснованнымъ.

ГЛАВА II.

О величинѣ молекулъ.

Относительность понятій о большомъ и маломъ. — Опытъ съ размѣрами. — Опытъ надъ распространеніемъ капли масла на поверхности воды. — Числовыя данныя относящіяся къ величинѣ молекулъ.

Химическія и физическія явленія, разсмотрѣнныя нами въ прошлый разъ, не даютъ намъ возможности опредѣлить величину частицы или молекулы; единственное, что мы мо-

жемъ заключить,—это то, что частицы по своимъ ничтожнымъ размѣрамъ не поддаются никакому наблюденію, такъ что самый лучшій микроскопъ не въ состояніи показать намъ ихъ. Не слѣдуетъ однако забывать, что понятія о большомъ и маломъ относительны, т. е. что они пріобрѣтаютъ то или иное значеніе въ зависимости отъ наблюдателя. Для комара человѣкъ является чудовищемъ, между тѣмъ какъ по отношенію къ киту онъ не болѣе какъ карликъ; быстрота скораго поѣзда громадна сравнительно съ быстротою передвигающейся по землѣ улитки, ибо движеніе поѣзда въ 10.000 разъ превосходитъ движеніе улитки, такъ что послѣдней пришлось бы ползти 10.000 часовъ, т. е. почти годъ и пятьдесятъ два дня, чтобы передвинуться на разстояніе, которое поѣздъ пролетаетъ въ часъ. Но какъ медленно движется въ свою очередь поѣздъ по сравненію съ землей, несущейся по своей орбитѣ; земля пробѣгаетъ въ секунду около 30 километровъ или 30.000 метровъ, между тѣмъ поѣздъ въ то же время проходитъ лишь 15 метровъ; въ свою очередь земля въ сравненіи съ лучомъ свѣта движется не скорѣе улитки, ибо послѣдній пробѣгаетъ въ секунду 300.000 километровъ, т. е. скорость его въ 10.000 разъ превосходитъ скорость земли. Такимъ образомъ мы очень мало выиграли, когда пришли къ выводу о ничтожномъ размѣрѣ частицъ; вотъ почему физики пытались опредѣлить абсолютную величину молекулы, стараясь выразить ее въ доляхъ принятой измѣрительной единицы.

Посмотримъ, какимъ образомъ можно разрѣшить подобную задачу.

Прежде всего прибѣгнемъ къ опыту съ растворимымъ веществомъ, который позволитъ намъ опредѣлить высшій размѣръ, какого можетъ достигнуть величина молекулы. Возьмемъ кубическій сантиметръ фуксина (анилиновой краски, употребляемой въ красильномъ дѣлѣ) и растворимъ его въ литрѣ, т. е. въ 1000 кубическихъ сантиметрахъ воды. Вода окрасится при этомъ въ темно-красный цвѣтъ. Будемъ подливать къ раствору воды до тѣхъ поръ, пока зачерпнутая въ стаканѣ проба покажетъ лишь слѣды окрашиванія. Опытъ показываетъ, что разбавлять растворъ приходится очень сильно: въ концѣ концовъ отношеніе между количествомъ фуксина и воды равняется 1 дѣленной на

10.000, т. е. растворъ получается такой же, какой получился бы, если бы мы растворили литръ фуксина въ 10.000 литрахъ воды. Теперь сдѣлаемъ слѣдующій подсчетъ: литръ заключаетъ тысячу кубическихъ сантиметровъ, слѣдовательно, 10.000 литровъ представляютъ 10.000×1000 кубическихъ сантиметровъ. Но кубическій сантиметръ равенъ тысячѣ кубическихъ миллиметровъ, слѣдовательно, 10.000 метровъ равняются 10.000×1000×1000 кубическихъ миллиметровъ. Мы растворили кубическій сантиметръ или тысячу кубическихъ миллиметровъ фуксина; въ растворѣ это количество его распредѣлилось въ пространствѣ 10.000×1000×1000 кубическихъ миллиметровъ, стало быть кубическій миллиметръ фуксина занялъ одну тысячную этого пространства или 10.000×1000 кубическихъ миллиметровъ. Но выше мы сказали, что растворъ сохранилъ ясную и вполнѣ равномѣрную окраску, изъ чего мы заключаемъ, что число молекулъ, помѣщающееся въ кубическомъ сантиметрѣ его довольно значительно, не смотря на ничтожные размѣры ихъ. Если мыдопустимъ, что на протяженіи одного миллиметра умѣщается 100 молекулъ, то разсчетъ будетъ скорѣе ниже дѣйствительности; въ такомъ случаѣ въ кубическомъ миллиметрѣ заключается покрайней мѣрѣ 100×100.000=1.000.000 молекулъ фуксина, стало быть въ 10.000×1000 кубическихъ миллиметровъ помѣщаются 10.000×1000×1.000,000 молекулъ Это число молекулъ заключается по нашему разсчету,—который во всякомъ случаѣ ниже дѣйствительности,—въ одномъ кубическомъ миллиметрѣ взятаго для опыта фуксина. Если мы допустимъ далѣе, что частицы въ кусочкѣ фуксина лежатъ другъ къ другу такъ близко, что соприкасаются одна съ другой—чего на самомъ дѣлѣ нѣтъ—то выходитъ, что объемъ, занятый веществомъ молекулы равняется 1:10.000×1000×1.000,000 кубическаго миллиметра или одной десятибилліонной его. Еслибъ мы захотѣли опредѣлить діаметръ воображаемой нами шаровидной молекулы, то пришлось бы извлечь квадратный корень изъ этой ничтожной дроби, и получилась бы еще болѣе ничтожная дробь, числитель которой представлялъ бы единицу, а знаменатель двадцать тысячъ билліоновъ. Такимъ образомъ мы пришли къ выводу, что діаметръ молекулы фуксина во всякомъ случаѣ меньше $^1/_{20000}$ билліоновъ, и ужъ, конечно,

величина эта столь ничтожна, что мы совершенно не въ состояніи представить ее себѣ; а все же дѣйствительный размѣръ молекулы еще ниже указаннаго.

Другой опытъ приводитъ насъ къ сходному выводу. Если обмокнуть тонкую проволоку въ масло такъ, чтобъ на кончикѣ повисла маленькая капля его, и привести затѣмъ эту каплю въ соприкосновеніе съ водою, налитою въ сосудъ, то масло начинаетъ съ необычайной скоростью распространяться во всѣ стороны, располагаясь на поверхности воды въ видѣ тонкой круглой пленки, отливающей такими же яркими цвѣтами, какіе мы наблюдаемъ на поверхности мыльнаго пузыря. Пленка скоро увеличивается въ размѣрѣ настолько, что діаметръ ея достигаетъ нѣсколькихъ сантиметровъ, причемъ цвѣтъ ея становится голубовато-сѣрымъ; затѣмъ пленка разрывается на мелкіе участки или капли. Опытъ удается лишь въ томъ случаѣ, если взятая для него капля масла была ничтожныхъ размѣровъ. Можно подыскать такой сосудъ, чтобы поверхность воды въ немъ какъ разъ соотвѣтствовала поверхности пленки въ моментъ ея разрыва. Въ этомъ случаѣ пленка масла передъ разрывомъ окрашена въ голубовато-сѣрый цвѣтъ, и разрывы происходятъ въ различныхъ разстояніяхъ отъ центра. Мы вправѣ заключить поэтому, что при подобныхъ условіяхъ пленка въ моментъ разрыва обладаетъ равномѣрной толщиной. Если намъ извѣстенъ вѣсъ взятой для опыта капли масла, удѣльный вѣсъ масла и величина поверхности пленки въ моментъ ея разрыва, то вычислить толщину пленки не трудно. Надо только вымѣрять діаметръ масляной пленки въ тотъ моментъ, какъ она разрывается на части. Этимъ способомъ нѣмецкій физикъ Сонке вычислилъ, что толщина такой масляной пленки равна одной десятитысячной миллиметра, и такой же толщины оказываются по опытамъ бельгійскаго ученаго Плато стѣнки мыльнаго пузыря въ тотъ моментъ, когда онъ лопается. Масляная пленка и стѣнка мыльнаго пузыря могутъ состоять изъ нѣсколькихъ слоевъ молекулъ, но никакъ не меньше какъ изъ одного слоя; изъ этого мы заключаемъ, что діаметръ молекулы масла и мыльной воды никакъ не больше одной десятитысячной миллиметра.

Мы не будемъ разбирать дальнѣйшихъ опытовъ, имѣв-

шихъ цѣлью опредѣлить размѣръ молекулы. Точныя опредѣленія намъ недоступны. Но полученныя цифры весьма любопытны. Эти сухія числа доставляютъ намъ краснорѣчивые выводы и рисуютъ точную картину распредѣленія матеріи. Знакомясь съ ними, мы получаемъ возможность взглянуть въ невидимый микроскопическій міръ частицъ, изъ которыхъ составлена вселенная, и которыя навсегда останутся недоступными нашему глазу: числа эти представляютъ блестящее доказательство неутомимой силы человѣческаго мышленія, которое не останавливается передъ препятствіями, полагаемыми нашимъ чувствамъ природой, но безъ устали двигается впередъ, не только не приходя въ уныніе передъ новыми затрудненіями, но, наоборотъ, подстрекаемое ими.

Сэръ Уильямъ Томсонъ вычислилъ, что діаметръ частицы воды равенъ половинной долѣ одной тысячемилліонной части миллиметра. Чтобъ представить себѣ эту невообразимо малую величину, допустимъ на мгновеніе, что капля воды раздулась до размѣровъ земного пара; въ такомъ случаѣ частицы ея будутъ величиною, примѣрно, въ ружейную пулю. Такимъ образомъ, частица воды по сравненію съ каплей представляетъ то же самое, что ружейная пуля по сравненію съ землей. Лошмитъ, первый занимавшійся опредѣленіемъ размѣровъ молекулъ, нашелъ, что газовыя частицы не превосходятъ 4—8 стамилліонныхъ долей миллиметра; и тѣмъ не менѣе въ кубическомъ сантиметрѣ газа заключается, согласно Томсону, до 60,000 билліоновъ молекулъ, а въ кубическомъ сантиметрѣ жидкаго или твердаго тѣла отъ трехъ до ста квадрилліоновъ молекулъ. По этимъ даннымъ Клаузіусъ разсчиталъ, что разстояніе между частицами газа равняется отъ одной до двухъ десятитысячныхъ миллиметра, между тѣмъ какъ въ жидкомъ или твердомъ тѣлѣ частицы отстоятъ другъ отъ друга отъ 1 до 2 тысячемилліонныхъ долей миллиметра.

Эти цифры показываютъ намъ, до какой степени наши разсчеты, основанные на опытѣ съ фуксиномъ, стоятъ ниже дѣйствительности. Мы допускаемъ, что въ разбавленномъ растворѣ въ кубическомъ миллиметрѣ заключалось по меньшей мѣрѣ милліонъ молекулъ, но если принять наименьшую изъ вычисленныхъ учеными величинъ, т. е.

признать, что въ кубическомъ сантиметрѣ неразбавленнаго раствора находилось три квадрилліона молекулъ, то число ихъ въ кубическомъ миллиметрѣ сильно разбавленнаго раствора все еще достигаетъ чудовищной цифры въ триста биллліоновъ молекулъ!

Воспользуемся этими цифрами, чтобы разъяснить одинъ вопросъ, который мы поставили себѣ въ прошлый разъ. Намъ интересно было знать, располагается-ли матерія непрерывно или нѣтъ. Физическія и химическія явленія показали намъ, что первое предположеніе не допустимо. Дальнѣйшія наблюденія проливаютъ свѣтъ на оба предположенія. Несомнѣнно, матерія далеко не заполняетъ пространства, а находится въ такомъ состояніи, о которомъ мы заранѣе не могли-бы составить себѣ истиннаго представленія. Но приведенныя цифры доставляютъ намъ твердыя основы для подобнаго представленія, и для наглядности нѣтъ надобности прибѣгать къ придуманнымъ примѣрамъ, ибо сама вселенная представляетъ такой примѣръ. Вселенная въ большихъ размѣрахъ представляетъ состояніе разрѣженнаго газа, частицы котораго измѣряются не милліонными долями миллиметра, а являются намъ въ образѣ безчисленныхъ солнцъ, разстоянія между которыми соотвѣтствуютъ разстояніямъ между молекулами. Соотношеніе міровыхъ тѣлъ между собою не отличается существенно отъ того, которое наблюдается въ газѣ, и на этомъ сходствѣ между вселенной и газомъ были построены весьма интересные выводы.

ГЛАВА III.

О познаніи природы.

Тяжесть.—Возможность устанавливать общіе законы.—Ньютоновы правила для изслѣдованія природы.

Опытъ показываетъ, что каждое тѣло обладаетъ тяжестью; подвѣшенное на шнурокъ, оно растягиваетъ его, а будучи положено на горизонтальную поверхность, тѣло производитъ на нее давленіе. Натяженіе и давленіе, производимыя различными тѣлами, можно сравнить другъ съ другомъ, другими словами, можно измѣрять ихъ, для чего служитъ приборъ, называемый вѣсами. Измѣренная такимъ

образомъ тяжесть тѣла называется вѣсомъ его. Послѣ введенія метрической системы за единицу вѣса принятъ граммъ, представляющій собою вѣсъ кубическаго сантиметра совершенно чистой перегнанной воды, охлажденной до температуры 4° Цельсія, при которой вода обладаетъ наибольшей плотностью; при всѣхъ другихъ температурахъ, все равно выше или ниже, разстояніе между частицами воды больше, чѣмъ при указанной температурѣ. Но для обыкновенныхъ измѣреній указанная единица вѣса слишкомъ мала, и потому избрали другую, именно килограммъ, который заключаетъ тысячу граммовъ и представляетъ собою вѣсъ кубическаго дециметра такой же чистой воды.

Вѣсы прежде всего показываютъ намъ, что тяжесть есть общее свойство всѣхъ тѣлъ. Изъ этого мы заключаемъ, что это свойство принадлежитъ не самимъ тѣламъ, а тому веществу, изъ котораго они составлены, т. е. матеріи. Мы знаемъ, что тѣла обладаютъ различнымъ цвѣтомъ—краснымъ, синимъ, зеленымъ, желтымъ и т. д., различныя тѣла обладаютъ различнымъ цвѣтомъ, и существуютъ такія, у которыхъ цвѣта нѣтъ; такимъ образомъ цвѣтъ есть нѣчто, присущее данному тѣлу. Но нельзя сказать того же относительно тяжести, ибо до сихъ поръ не найдено ни одного тѣла, которое не обнаружило бы этого свойства. Даже такія тѣла, которыя мы не можемъ положить на чашку вѣсовъ, какъ напримѣръ солнце, звѣзды, все-таки обладаютъ вѣсомъ, какъ мы въ томъ можемъ убѣдиться иными, не менѣе убѣдительными опытами, чѣмъ взвѣшиваніе на вѣсахъ. Такимъ образомъ вѣсъ есть нѣчто независимое отъ случайной формы тѣла и отъ его состава; поэтому его слѣдуетъ считать свойствомъ того вещества, изъ котораго тѣла составлены и безъ котораго они немыслимы, т. е. свойствомъ матеріи.

Противъ подобнаго заключенія можно выставить только одно возраженіе, о которомъ мы и должны сказать нѣсколько словъ.

Въ своей вступительной статьѣ мы дали характеристику истиннаго и ложнаго или ненаучнаго естествознанія. Мы указали тамъ, что истинная наука строитъ свои заключенія не на фантазіяхъ, не на искусственныхъ объясне-

ніяхъ, а на точныхъ наблюденіяхъ явленій. Но человѣкъ по свойству своего мышленія не довольствуется такимъ строго точнымъ, научнымъ методомъ. Оставляя въ сторонѣ причины личнаго характера, къ которымъ относятся личныя свойства каждаго человѣка, его способности, талантъ, настроеніе и т. д., мы находимъ, что главное затрудненіе заключается въ непродолжительности человѣческой жизни по сравненію съ безконечнымъ рядомъ явленій, совершающихся въ теченіе безконечнаго времени. Для того, чтобы твердо установить какую-либо истину, безусловно необходимо принять въ разсчетъ всю совокупность явленій, изъ которыхъ она вытекаетъ. Если предположить, что какой-нибудь одинъ ученый или же цѣлая группа ихъ въ теченіе своей жизни въ состояніи изслѣдовать надлежащимъ образомъ всѣ указанныя явленія — что само по себѣ совершенно невѣроятно—то кто-же поручится, что явленія, которыя они изслѣдовали съ такою проницательностью и на которыхъ они основали свои остроумные выводы, будутъ въ теченіе слѣдующаго столѣтія, или, если этотъ срокъ очень коротокъ, то черезъ тысячу лѣтъ, происходить совершенно такимъ же образомъ какъ и раньше?

И все же мы должны допустить подобный выводъ какъ нѣчто вполнѣ доказанное, если только не хотимъ сложить оружіе и сознаться въ собственномъ безсиліи передъ природой, среди которой и благодаря которой живемъ. Тѣмъ не менѣе человѣкъ всегда будетъ недоволенъ подобнымъ выводомъ. Почему? Потому что наша природа уже такова; мы считаемъ себя вѣнцомъ природы и, хотя признаемъ предъ лицомъ ея свою физическую слабость, однако никакъ не можемъ допустить мысли о своемъ духовномъ безсиліи. Поэтому мы и заключаемъ, что мы не нуждаемся въ вѣчности для установленія законовъ, которые управляютъ міромъ вѣчно. Но наше заключеніе оправдывается успѣшными предсказаніями, которыя мы можемъ дѣлать при помощи законовъ, въ строгомъ смыслѣ имѣющихъ лишь временное значеніе.

Мы рѣшаемся открыто и честно высказать, что знаніе наше въ силу нашей собственной природы никогда не было и не будетъ идеальнымъ знаніемъ, т. е. такимъ, которое

представляется намъ въ качествѣ конечной цѣли и какъ высшее послѣднее торжество мысли; мы увѣрены, что подобное признаніе будетъ оцѣнено читателями по достоинству, такъ какъ уважаемъ науку и предпочитаемъ въ области ея довольствоваться малымъ, не желая расплываться въ туманныхъ и дѣтскихъ фантазіяхъ. Но если, съ одной стороны, мы должны остерегаться неподвижности, въ которую можетъ впасть наше мышленіе и знаніе, если мы начнемъ основывать его на невѣрныхъ и лишенныхъ всякихъ наблюденій ученіяхъ, то, съ другой стороны, мы должны не менѣе того избѣгать противоположной крайности и не считать свои знанія абсолютными и незыблемыми на вѣки и во всемъ мірѣ. Если мы не оцѣниваемъ себя слишкомъ высоко и не считаемъ себя сверхъестественными существами, то нѣтъ надобности признавать за нашими знаніями какой-нибудь сверхъестественный характеръ. Если мы ставимъ своимъ жизненнымъ идеаломъ стремленіе быть людьми, то должны свободно и открыто признать, что знанія наши человѣческія. Но и съ такими знаніями мы въ состояніи достигнуть всего, къ чему стремимся.

Не заключается ли однако въ подобномъ признаніи ограниченности нашего знанія опасность для этого знанія и для насъ самихъ? Нисколько, если только мы будемъ слѣдовать требованіямъ безусловной истины. Стремленіе къ ней не введетъ насъ въ заблужденіе; оно уже привело насъ къ извѣстнымъ правиламъ, установленіемъ которыхъ мы обязаны величайшему европейскому генію и основателю нашего естествознанія и математики.

„Правила для изслѣдованія природы“, такъ назвалъ ихъ Исаакъ Ньютонъ (род. 1642, ум. 1727) — правила для всякаго научнаго изслѣдованія, какъ добавили бы съ своей стороны мы. Въ виду великаго значенія ихъ для всякаго научнаго мышленія мы приведемъ здѣсь эти четыре правила въ переводѣ съ латинскаго языка, на которомъ ихъ изложилъ Ньютонъ:

1-е правило. Допускаемыя нами для объясненія естественныхъ вещей причины должны быть, съ одной стороны, достаточными для объясненія этихъ

вещей, съ другой стороны, ихъ не должно быть больше, чѣмъ слѣдуетъ.

Физики утверждаютъ, что природа отличается простотой и не изобилуетъ излишними и неизвѣстными причинами для всякой вещи.

2-е правило. Слѣдуетъ поэтому насколько возможно приписывать одинаковымъ дѣйствіямъ одинаковыя причины.

Напримѣръ, дыханіе человѣка и животныхъ, паденіе камня въ Европѣ и Америкѣ, свѣтъ отъ кухоннаго очага и отъ солнца, отраженіе свѣта отъ поверхности земли и отъ планетъ.

3-е правило. Свойства тѣлъ, которыя не могутъ быть ни увеличены, ни уменьшены и присущи всѣмъ тѣламъ, доступнымъ нашему опыту, слѣдуетъ признать свойствами всѣхъ тѣлъ.

Протяженность, твердость, непроницаемость, подвижность проистекаютъ отъ однихъ и тѣхъ же свойствъ частицъ; изъ этого мы заключаемъ, что мельчайшія частички тѣлъ также обладаютъ протяженностью, твердостью, непроницаемостью, подвижностью. Въ этомъ заключается основное положеніе всей науки о природѣ.

4-е правило. Въ опытной физикѣ слѣдуетъ признать заключенія, полученныя изъ явленій индуктивно (т. е. путемъ обобщенія частныхъ случаевъ), — если тому не препятствуетъ противоположное предположеніе, — либо вполнѣ точными, либо весьма близкими къ истиннымъ, пока не появятся другія явленія, которыя либо сообщатъ имъ большую точность, либо поведутъ къ установленію исключеній.

ГЛАВА IV.

О принципѣ сохраненія матеріи.

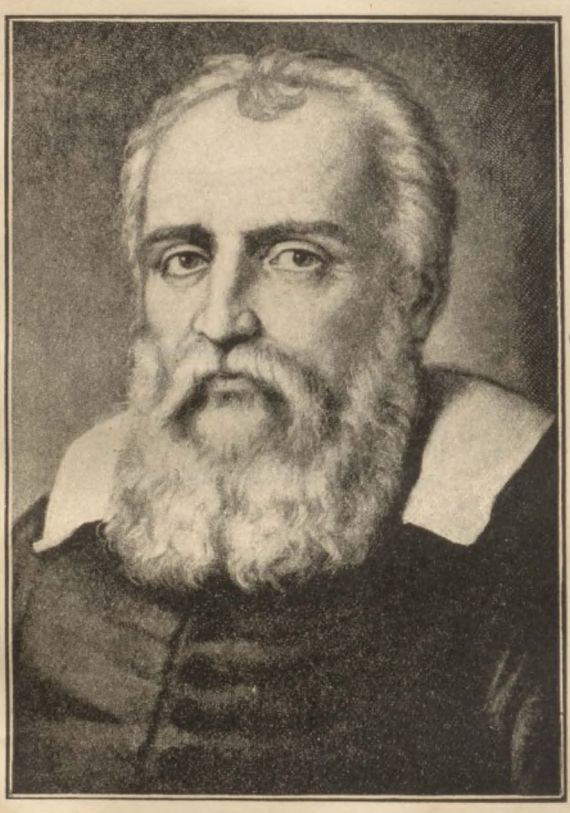
Постоянство вѣса при химическихъ измѣненіяхъ вещества. — Принципъ сохраненія матеріи. — Можно-ли считать матерію вѣчной и по количеству ея безконечной? — Универсальность принципа сохраненія матеріи.

Сохраняя въ памяти эти „Правила изслѣдованія природы“, мы смѣло можемъ говорить о всеобщихъ зако-

нахъ природы, ибо не впадаемъ при этомъ въ опасности, представляемыя для мышленія фантазіей и самомнѣніемъ, которыми нерѣдко отличаются популярныя изложенія. И такъ приступимъ къ изложенію перваго всеобщаго закона природы, познаніемъ котораго мы обязаны вѣсу.

Если извѣстны вѣсовыя количества веществъ, взятыхъ для какой нибудь химической реакціи, причемъ нерѣдко явленіе протекаетъ весьма бурно, то по окончаніи ея мы найдемъ, что вѣсовыя количества полученныхъ веществъ въ суммѣ равны вѣсу взятыхъ. При этомъ безразлично, представляло ли химическое явленіе соединеніе или же разложеніе веществъ: въ первомъ случаѣ вновь полученное тѣло вѣситъ столько же, сколько и составныя части, взятыя для его полученія, во второмъ случаѣ вѣсъ продуктовъ разложенія равенъ вѣсу разложеннаго тѣла. При всѣхъ химическихъ явленіяхъ—будетъ ли то разложеніе или соединеніе—никогда не наблюдалась хотя бы малѣйшая потеря въ вѣсѣ, такъ что можно установить слѣдующее положеніе: вѣсъ полученныхъ тѣлъ всегда равенъ суммѣ вѣсовъ взятыхъ тѣлъ.

Однако многія общеизвѣстныя явленія находятся, повидимому, въ противорѣчіи съ этимъ положеніемъ, установленнымъ въ химіи. Мы знаемъ, что растенія выростаютъ изъ очень маленькаго сѣмени и постепенно увеличиваются въ размѣрахъ и въ вѣсѣ. Какъ громадна разница между вѣсомъ тысячелѣтняго дуба и вѣсомъ того жолудя, изъ котораго онъ выросъ! Однако болѣе точныя наблюденія доказываютъ, что жолудь увеличивается въ вѣсѣ только потому, что обладаетъ способностью воспринимать различныя вещества, частью изъ почвы, частью изъ воздуха. Противоположное явленіе мы наблюдаемъ при сгораніи тѣла, причемъ оно, повидимому, теряетъ значительную часть своего вѣса. Зола, оставшаяся послѣ того, какъ сгорѣлъ уголь, вѣситъ гораздо меньше его; такимъ образомъ химическій процессъ превращенія угля въ золу связанъ на первый взглядъ съ потерей вѣса. Однако наблюденія и опытъ при болѣе точныхъ условіяхъ, чѣмъ сгораніе угля на открытомъ воздухѣ, показываютъ намъ, что причина потери вѣса при сгораніи заключается не только въ превращеніи угля въ золу, но въ томъ, что при этомъ образуются раз-



Галилео Галилеи.

Дозв. ценз. Спб. 7 мая 1897 г. Тип. Вольфа.

БИБЛІОТЕКА
ДЛЯ ВЫДАЧИ КНИГЪ ДОМЪ
М. С. П. о Н. Т.

личныя газообразныя тѣла, которыя невидимо для глаза исчезаютъ въ воздухѣ. Но если обставить горѣніе такъ, чтобы можно было собрать всѣ образовавшіеся при этомъ газы, то оказывается, что вѣсъ ихъ вмѣстѣ съ золою не только не равенъ, но даже больше, чѣмъ вѣсъ сгорѣвшаго угля; такъ это и должно быть, ибо горѣніе тѣла представляетъ не что иное, какъ процессъ соединенія его съ кислородомъ воздуха. Потому то вѣсъ продуктовъ сгоранія превосходитъ вѣсъ взятаго тѣла на вѣсъ присоединившаго кислорода.

Горѣніе именно и послужило для доказательства на опытѣ приведеннаго выше положенія. Мы обязаны имъ французскому химику Лавоазье, который предпринималъ въ 70-хъ годахъ прошлаго столѣтія точныя изслѣдованія надъ теплотою, выдѣляющейся при горѣніи тѣлъ, а также при дыханіи человѣка и животныхъ.

Теперь попытаемся обобщить законъ такого постоянства въ вѣсѣ. Выше мы говорили, что вѣсъ представляетъ непосредственное свойство матеріи, такъ что все, что мы скажемъ о вѣсѣ, равнымъ образомъ относится и къ матеріи. Если поэтому наблюденія убѣдительно доказываютъ, что ни при одномъ химическомъ процессѣ не наблюдается прибыли или убыли вѣса, сравнительно съ общимъ вѣсомъ участвующихъ въ немъ тѣлъ, то это, иными словами, означаетъ, что при подобныхъ процессахъ матерія не тратится и не появляется, или (выражаясь точнѣе) не уничтожается и не создается. Въ подобномъ видѣ законъ этотъ называется закономъ сохраненія вещества.

При химическихъ процессахъ, слѣдовательно, матерія не возникаетъ и не исчезаетъ. Изъ этого мы заключаемъ, что количество матеріи, изъ которой составленъ весь міръ, сохраняется неизмѣннымъ. Но мы знаемъ, что пространство, въ которомъ помѣщается міръ, безконечно, и сейчасъ же напрашивается вопросъ,—справедливо ли это также по отношенію къ матеріи, заключенной въ этомъ пространствѣ. Вопросъ этотъ равносиленъ другому: должны ли мы представлять себѣ міръ конечнымъ или безконечнымъ? На этотъ вопросъ естествознаніе не находитъ отвѣта, такъ какъ наблюденія въ данномъ случаѣ невозможны, а логическая необхо-

димость, которая приводитъ насъ къ признанію безконечности пространства, въ этомъ случаѣ не имѣетъ примѣненія. Намъ приходится поэтому признать, что атомистическое представленіе о строеніи матеріи не въ состояніи рѣшить этотъ вопросъ, ибо въ понятіи о непостоянствѣ матеріи не заключается ничего такого, что говорило бы въ пользу безконечности ея массы или противъ него.

Вопросъ о безконечности или конечности міра приводитъ насъ ко второму вопросу, именно: обладаетъ ли матерія, а вмѣстѣ съ нею и міръ, такимъ же свойствомъ какъ время, т. е. вѣчностью? Слѣдуетъ ли намъ думать, что матерія существуетъ вѣчно или же мы должны признать, что она нѣкогда возникла и потому когда нибудь исчезнетъ?

Принципъ сохраненія матеріи не даетъ отвѣта и на этотъ вопросъ, да по своему происхожденію и не можетъ отвѣтить на него. Однако изъ закона сохраненія матеріи обыкновенно заключаютъ, что матерія вѣчна, но ошибка, въ которую при этомъ впадаетъ мышленіе, очевидна. Законъ сохраненія матеріи построенъ на наблюденіяхъ надъ измѣненіями, происходящими въ соединеніяхъ различныхъ веществъ, а не надъ химическими измѣненіями одной и той же матеріи. Химическое измѣненіе какой то общей матеріи намъ вообще неизвѣстно. Такимъ образомъ вопросъ о вѣчности матеріи равносиленъ вопросу о томъ, возможно ли химическое измѣненіе одной и той же матеріи. Единственнымъ отвѣтомъ на это является, что мы никогда ничего подобнаго не наблюдали; изъ этого, пожалуй, можно заключить, что оно вообще невозможно, т. е. что матерія вѣчна; однако мы должны помнить, что подобное заключеніе представляетъ лишь вѣроятность, не обладающую строгой непреложностью, которую мы привыкли требовать отъ выводовъ естествознанія. Собственно говоря, подобные вопросы уже не относятся къ области естествознанія, которое въ этой точкѣ приближается къ границамъ, которыя оно не въ состояніи перешагнуть; естествоиспытатель долженъ поэтому ограничиться сказаннымъ и воздержаться отъ дальнѣйшихъ изслѣдованій въ этомъ направленіи такъ же, какъ онъ отклонитъ всякую попытку построить на этой невозможности какія либо безпочвенныя ученія, ибо онъ хорошо понимаетъ, насколько ненаучно полагаться на

шаткія догадки и вѣрованія. Приходится поэтому довольствоваться доступнымъ знаніемъ.

Согласно третьему правилу Ньютона, мы должны разсматривать сохраненіе матеріи, какъ всеобщій міровой законъ; новѣйшее естествознаніе доставило этому обобщенію настолько убѣдительное доказательство, что въ нашихъ глазахъ оно является уже непреложной истиной. Первоначально этотъ законъ былъ доказанъ для земли; блестящее доказательство его справедливости составляетъ здѣсь самый фактъ существованія такой науки, какъ химія. На самомъ дѣлѣ химическія изслѣдованія были бы совершенно невозможны, если бы химикъ заранѣе не былъ убѣжденъ, что, какъ бы сложны ни были явленія, съ которыми онъ имѣетъ дѣло, онъ по окончаніи ихъ не потеряетъ и не пріобрѣтетъ ни одного лишняго атома. Справедливость этого закона для всей планетной системы подтверждается грандіознымъ образомъ въ самой этой системѣ. Вѣдь скорость обращенія планеты вокругъ солнца зависитъ отъ ея вѣса, а такъ какъ въ теченіе безчисленнаго числа лѣтъ продолжительность года нисколько не измѣнилась замѣтнымъ образомъ, то слѣдуетъ заключить, что, не смотря на разнообразныя химическія явленія на землѣ, не смотря на мощные химическіе перевороты, которые совершаются на солнцѣ и которые мы наблюдаемъ въ телескопъ, земля и солнце не измѣнились въ своемъ вѣсѣ.

Перенесеніе нашихъ представленій о солнечной системѣ на остальныя системы и, вмѣстѣ съ тѣмъ, на все міровое пространство, не должно намъ казаться лишеннымъ всякаго основанія. Но полную достовѣрность оно пріобрѣтаетъ благодаря твердо установленному факту, что всѣ небесныя тѣла составлены изъ тѣхъ же веществъ, какія встрѣчаются на нашей землѣ. Доказательства тому доставили намъ тѣ же свѣтовые лучи, которые вообще извѣщаютъ насъ о существованіи иныхъ небесныхъ тѣлъ; свѣтъ, испускаемый накаленнымъ тѣломъ, позволяетъ судить о химическомъ составѣ этого тѣла. Въ теоріи возможность подобнаго изученія вполнѣ понятна. Вѣдь узнаетъ же каждый изъ насъ множество предметовъ, руководясь лишь ихъ цвѣтомъ, причемъ единственнымъ приборомъ, которымъ мы при этомъ пользуемся, является нашъ глазъ. Но глазъ не

обладаетъ большою способностью различать предметы; однако существуетъ приборъ, увеличивающій эту способность, подобно тому какъ такіе приборы, какъ телескопъ и микроскопъ, увеличиваютъ нашу способность видѣть вдаль и разсматривать мелкіе предметы. Этотъ приборъ или спектроскопъ разлагаетъ свѣтовой лучъ на его составныя части такимъ же образомъ, какъ дождевыя капли разлагаютъ солнечные лучи, образуя радугу. Спектроскопъ показываетъ намъ, что каждое вещество испускаетъ особые и характерные для него свѣтовые лучи, такъ что обратно по различнымъ лучамъ можно заключать о веществѣ, для котораго они являются характерными. Разлагая съ помощью спектроскопа свѣтовые лучи, посылаемые намъ свѣтилами, мы получаемъ возможность опредѣлить матерію, изъ которой они составлены, и этимъ путемъ мы узнали, что вещества, встрѣчающіяся на землѣ, образуютъ также небесныя тѣла.

Въ этомъ случаѣ наше заключеніе о справедливости закона сохраненія матеріи для всего міра становится независимымъ отъ третьяго правила Ньютона, ибо пространство и мѣсто, въ которомъ находится матерія, не вліяютъ уже на ея свойства и на ея отношенія къ различнымъ химическимъ процессамъ; поэтому все, что наша земная химія доказала для веществъ, встрѣчающихся на землѣ, которыя мы можемъ испытывать въ ретортахъ и взвѣшивать на вѣсахъ, справедливо для нихъ и въ томъ случаѣ, если они недоступны химику. Этимъ доказывается всеобщее значеніе закона сохраненія матеріи, представляющаго основное положеніе новѣйшаго естествознанія.

ГЛАВА V.

О тяжести.

Предварительное разъясненіе понятій работы и энергіи. Механическая энергія. Тяжесть. Понятія о силѣ. Законъ Ньютона. Ученіе о движеніи. Опредѣленія.

„Все движется, все течетъ“ училъ греческій философъ Гераклитъ; современное естествознаніе можетъ смѣло подписаться подъ этими словами. Все въ мірѣ, начиная отъ

безчисленныхъ солнцъ и кончая ничтожными атомами, находится въ непрерывномъ движеніи. Покоя и неподвижности не существуетъ. Всеобщность этого положенія можно было установить лишь въ новѣйшее время, когда выяснилось, что теплота есть не что иное какъ особый видъ движенія; но въ жизни люди съ давнихъ временъ умѣли пользоваться „теченіемъ всѣхъ вещей“ въ качествѣ полезной для себя работы.

Человѣкъ издавна стремился перенести совершаемую имъ самимъ работу на различные дѣятели неодушевленной природы; съ этой цѣлью прежде всего онъ воспользовался движеніемъ воды (водяныя колеса) и движеніемъ воздуха (парусныя суда). Воспользовавшись самой вещью, люди воспользовались и словомъ, и потому возможно говорить о работѣ текучей воды и о работѣ воздуха. Что такое работа, знаетъ всякій по собственному опыту, и потому я не буду пока разъяснять этого понятія. Наше обычное представленіе о работѣ въ научномъ отношеніи конечно не удовлетворительно, но впослѣдствіи мы безъ труда выведемъ изъ него научное опредѣленіе работы. Предварительно-же необходимо ознакомить читателей съ новымъ понятіемъ объ энергіи, которое тѣсно связано съ понятіемъ о работѣ.

Отношеніе между энергіей и работой напоминаетъ намъ отношеніе между причиной и дѣйствіемъ; подобно тому какъ дѣйствіе невозможно безъ причины, такъ невозможна и работа, если для нея нѣтъ соотвѣтствующей энергіи. Болѣе подробное разъясненіе тѣсной зависимости между работой и энергіей я представлю послѣ, здѣсь-же укажу только, что понятіе объ энергіи человѣкъ перенесъ на природу, заимствовавъ его у себя, подобно тому какъ онъ это сдѣлалъ съ понятіемъ о работѣ. Подобное представленіе объ энергіи, конечно, тоже ненаучно, но ниже намъ удастся вывести изъ него точное понятіе о томъ, что такое энергія, а пока довольно и этого.

Опытъ показываетъ намъ, что существуютъ различные роды энергіи; для начала возьмемъ самый обычный, самый грубый родъ энергіи, и съ помощью его постараемся разъяснить вышесказанное. Этотъ родъ энергіи свойственъ каждому движущемуся веществу, и мы называемъ его дви-

жущейся энергіей. Мы уже говорили о томъ, что человѣкъ воспользовался этой всюду встрѣчающейся въ природѣ энергіей для замѣны при работѣ собственной силы. По словамъ географа Страбона, знаменитый своими знаніями понтійскій царь Митридатъ построилъ противъ своего дворца водяное колесо; римляне стали пользоваться имъ со временъ первыхъ императоровъ. Съ тѣхъ поръ текучая сила воды нашла себѣ обширное примѣненіе. Водяныя мельницы распространены теперь повсюду; кромѣ мельницъ силу воды примѣняютъ на лѣсопилкахъ и для приведенія въ движеніе тяжелыхъ молотовъ, ткацкихъ станковъ, ситценечатныхъ машинъ и т. д., а въ самое послѣднее время и для электрическихъ машинъ. Энергія текучей воды представляетъ самую дешевую и доступную энергію, и мы пользуемся ею изъ обширныхъ запасовъ природы, не смотря на то, что она имѣетъ одинъ недостатокъ, именно, — она имѣется не вездѣ. Обильные запасы ея находятся въ горахъ, между тѣмъ какъ на низменностяхъ человѣкъ, если хочетъ воспользоваться силой рѣки, долженъ прибѣгать къ различнымъ сложнымъ приспособленіямъ.

Но насъ занимаетъ главнымъ образомъ вопросъ, въ чемъ источникъ этой энергіи. Мы знаемъ изъ опыта, что стоячая вода не можетъ привести въ движеніе колесо или турбину. Вода сама должна двигаться, и лишь при этомъ условіи она способна вращать колесо. Энергія, которую мы извлекаемъ изъ воды, въ концѣ концовъ проистекаетъ изъ той же причины, по которой она приводитъ въ движеніе воду, а эта причина есть свойственная всѣмъ предметамъ тяжесть.

Мы знаемъ, что камень, приподнятый съ земли, немедленно падаетъ обратно на землю, какъ только мы его выпустимъ изъ рукъ. Это явленіе должно имѣть свою причину; этой причины мы не знаемъ, и если мы говоримъ, что камень падаетъ на землю потому, что земля притягиваетъ его, то въ сущности мы ничего не объясняемъ этими словами. Слово притяженіе представляетъ лишь сокращенный способъ выраженія для болѣе нагляднаго изображенія этого явленія, но оно ни на волосъ не приближаетъ насъ къ объясненію самаго явленія. Подобное выраженіе представляетъ не болѣе, какъ ос-

татокъ дѣтскаго воззрѣнія человѣка на природу, которое переводитъ всѣ непонятныя нашему разуму явленія на доступный человѣку, но все-же непонятный ему, языкъ. Для объясненія великихъ явленій природы человѣкъ создалъ себѣ божества, для мелкихъ—демоновъ, изъ которыхъ одни относились къ нему благосклонно, а другіе враждебно, но человѣческая мысль постепенно зрѣла въ этомъ отношеніи, и въ наиболѣе свѣтлыхъ головахъ зародилось сомнѣніе въ томъ, существуютъ-ли дѣйствительно подобныя созданія. Да еслибы они и существовали, то ужъ самое сомнѣніе могло бы ихъ убить. Они исчезли со сцены въ качествѣ личностей, но уцѣлѣли въ видѣ различныхъ свойствъ, и тѣни ихъ мы еще узнаемъ въ „скрытыхъ свойствахъ“ и „флюидахъ“ средневѣковыхъ ученыхъ; и въ нашей современной научной терминологіи мы замѣчаемъ еще остатки этихъ первобытныхъ представленій. Но мы смѣло можемъ пользоваться подобными понятіями въ цѣляхъ сокращенія способа выраженія, если только будемъ твердо памятовать, что эти понятія намъ ничего ровно не объясняютъ. Подъ этимъ условіемъ мы можемъ воспользоваться словомъ сила и говорить о притягательной силѣ земли, дѣйствующей на камень.

Изслѣдованіемъ этой притягательной силы, силы тяжести или простоту тяжести, мы обязаны сэру Исааку Ньютону. Разсказываютъ, что на изслѣдованіе тяжести его натолкнуло зрѣлище яблока, падающаго съ дерева. Не станемъ разбирать, вѣренъ ли этотъ разсказъ; во всякомъ случаѣ Ньютонъ разрѣшилъ поставленную себѣ задачу самымъ поразительнымъ образомъ, и это рѣшеніе, равно какъ и методъ его, легли въ основаніе величественнаго зданія современнаго естествознанія. Ньютонъ доказалъ, что дѣйствіе равно всегда противодѣйствію; поэтому если земля притягиваетъ камень, то и камень съ такою же силою притягиваетъ ее; вообще тяжесть есть общее свойство матеріи. Законъ взаимнаго притяженія двухъ тѣлъ, заключается въ томъ, что притяженіе ихъ зависитъ отъ массы обоихъ тѣлъ, т. е. только отъ количества вещества, и отъ разстоянія между ними, такъ что сила притяженія равняется произведенію ихъ массъ, дѣленному на умноженное на себя разстояніе между ними.

Ньютонъ доказалъ всеобщность притяженія; кромѣ того, онъ доказалъ, что небесныя свѣтила, повинуясь тому-же закону, также притягиваютъ другъ друга, причемъ Ньютонъ воспользовался законами Кеплера о движеніи планетъ, выведенными послѣднимъ изъ астрономическихъ наблюденій; онъ показалъ, что эти законы не болѣе какъ выводъ изъ его закона притяженія и подтвердилъ это тѣмъ указаніемъ, что земля притягиваетъ луну съ такою же силою, какъ и всякія земныя тѣла, и что не существуетъ никакого различія между космическимъ и земнымъ притяженіемъ; открытія Ньютона положили основаніе небесной механикѣ, которая стала съ тѣхъ поръ быстро развиваться.

Но возвратимся къ землѣ.

Притяженіе двухъ тѣлъ проявляется болѣе наглядно въ томъ случаѣ, если оба они свободны. Повинуясь притяженію, они придутъ въ движеніе, и раздѣляющее ихъ разстояніе начинаетъ сокращаться. Движеніе продолжается до тѣхъ поръ, пока что-нибудь не помѣшаетъ ему, однако притяженіе отъ этого отнюдь не прекращается и начинаетъ проявляться не въ движеніи, а въ давленіи на препятствіе. Если камень вслѣдствіе тяжести падаетъ на землю, то, обратно, и земля падаетъ на него, такъ что дѣйствіе равно противодѣйствію. Если даны два одинаковаго размѣра и вѣса шара, то, двигаясь подъ вліяніемъ тяжести другъ къ другу, они пробѣгутъ въ первую секунду равные пути. Но если на одной сторонѣ не одинъ, а два шара, то понятно, что въ первую секунду они пробѣгутъ лишь половину прежняго пути; дѣйствія тяжести при этомъ одинаковы, ибо два шара, пробѣжавшіе каждый половину пути, то же самое, что одинъ шаръ, пробѣжавшій цѣлый путь. Такимъ же образомъ три шара пробѣгутъ лишь треть пути, четыре шара четверть пути и т. д. Изъ этого слѣдуетъ, что путь, который земля сдѣлаетъ по направленію къ брошенному на воздухъ камню, соотвѣтствуетъ ея гигантскимъ размѣрамъ, т. е. что онъ ничтоженъ, такъ что на дѣлѣ мы можемъ совершенно пренебречь имъ и говорить, что камень падаетъ на землю.

Далѣе, сила притяженія зависитъ отъ разстоянія; но отъ силы притяженія зависитъ также скорость, съ которой движутся притягивающіяся тѣла. Поэтому далеко не все равно, бросимъ ли мы камень съ высоты десяти или съ высоты

тысячи метровъ надъ земной поверхностью. Пройденный въ первую секунду путь будетъ въ обоихъ случаяхъ не совсѣмъ одинаковый. Но земля такъ громадна, что разница подобныхъ разстояній совершенно стушевывается передъ ея размѣрами, и на дѣлѣ мы вправѣ допустить, что при паденіи тѣла скорость его движенія въ первую секунду не зависитъ отъ высоты. Приведемъ относящіяся сюда цифры: при свободномъ паденіи, т. е. не принимая въ разсчетъ сопротивленія воздуха, тѣло, притягиваемое землей, проходитъ въ первую секунду путь длиною въ 4,9 метра, что равняется 490 сантиметрамъ. На всѣхъ высотахъ, куда только человѣкъ до сихъ поръ ни забирался, онъ наблюдалъ ту же самую скорость паденія тѣла. Но на болѣе значительномъ разстояніи дѣло происходитъ уже иначе. Такъ, если бы камень падалъ на землю съ высоты, равной разстоянію до луны, онъ первую секунду пробѣжалъ бы всего 0,0013 метра, т. е. приблизительно 1⅓ миллиметра.

Оба эти обстоятельства значительно уменьшаютъ трудности, съ какими иначе было бы сопряжено изученіе явленія тяжести на землѣ; поэтому неудивительно, что Галилей установилъ законы этихъ явленій прежде, чѣмъ Ньютонъ открылъ свой законъ.

Для яснаго пониманія движенія тѣлъ подъ вліяніемъ силы тяжести намъ необходимо познакомиться съ интересующими насъ выводами Галилея.

Подъ движеніемъ тѣла мы понимаемъ перемѣщеніе его въ пространствѣ. Противуположность движенію есть покой. Но въ началѣ нашей бесѣды мы замѣтили, что абсолютнаго покоя не существуетъ. Деревья, дома и другіе неподвижные предметы находятся въ покоѣ по отношенію къ землѣ, но они движутся вмѣстѣ съ нею около ея оси и около солнца. Въ движеніи всякаго тѣла слѣдуетъ различать направленіе движенія и скорость. Само собой понятно, что путь движущагося тѣла можетъ представлять либо прямую, либо кривую линію, а скорость можетъ быть либо равномѣрной, когда тѣло проходитъ въ равное время равные пути, такъ что путь и время увеличиваются одинаково, и скорость движенія есть не что иное какъ путь, пройденный въ единицу времени (счисленіе зависитъ, конечно, отъ принятыхъ мѣръ; обык-

Госуд ственная
а дна Ле ина
БИБЛИОТЕКА СССР

повенно для этого служатъ секунда и метръ), либо же скорость можетъ быть неравномѣрной, если въ каждую единицу времени (секунду) тѣло проходитъ большій или меньшій путь, чѣмъ въ предыдущую. Въ первомъ случаѣ движеніе будетъ ускоренное, во второмъ—замедленное. Но какъ опредѣлить скорость подобнаго движенія? Подобное опредѣленіе возможно лишь для каждаго отдѣльнаго момента, и подъ скоростью его приходится подразумѣвать тотъ путь, который тѣло отложило бы, если бы, начиная съ этого момента, движеніе его превратилось бы въ равномѣрное.

ГЛАВА VI.

О свободномъ паденіи тѣлъ.

Законъ Галилея. Паденіе тѣла. Скорость. Путь. Ускореніе. Тяжесть мировыхъ тѣлъ.

Древнимъ были неизвѣстны истинные законы движенія; такъ, ученія о движеніи Аристотеля частью невѣрны, частью не даютъ ничего новаго. Напримѣръ, Аристотель устанавливалъ различіе между естественнымъ движеніемъ свободно падающаго тѣла и насильственнымъ движеніемъ брошеннаго тѣла; далѣе, онъ думалъ, что тѣло падаетъ тѣмъ быстрѣе, чѣмъ оно тяжелѣе. Подобное мнѣніе находитъ себѣ не мало сторонниковъ, потому что опытъ на первый взглядъ подтверждаетъ его: въ самомъ дѣлѣ, пухъ даже въ спокойномъ воздухѣ садится очень медленно, между тѣмъ какъ кусокъ свинца падаетъ почти мгновенно. Но различіе это объясняется неодинаковымъ сопротивленіемъ воздуха, которое для пуха весьма значительно, а для свинца ничтожно. Если повторить этотъ же опытъ въ стеклянной трубкѣ, изъ которой выкаченъ воздухъ, то нетрудно убѣдиться, что и пухъ, и свинецъ въ одинаковое время достигаютъ нижняго конца ея. Но спрашивается, упадетъ ли въ безвоздушномъ пространствѣ одинъ килограммъ свинца столь же быстро, какъ одинъ граммъ его? Вѣдь изъ закона Ньютона вытекаетъ, что притяженіе увеличивается вмѣстѣ съ массой тѣла, а если увеличилось притяженіе, то должна была увеличиться и вызванная имъ скорость. Однако это не такъ: хотя притяженіе увеличилось,

за то увеличилась и масса тѣла, которую оно приводитъ въ движеніе, и такъ какъ притяженіе и масса увеличились въ одинаковыхъ размѣрахъ, то понятно, что при такихъ условіяхъ скорость тѣла не могла возрасти. Мы можемъ доказать это еще слѣдующимъ разсужденіемъ: кусокъ свинца вѣсомъ въ одинъ граммъ проходитъ въ первую секунду своего паденія 4,9 или, скажемъ для круглаго счета, 5 метровъ; примемъ силу дѣйствующей на него тяжести равною единицѣ. Если у насъ тысяча такихъ же свинцовыхъ кусковъ, то на каждый изъ нихъ дѣйствуетъ конечно то же самое притяженіе, т. е. единица, и потому каждый изъ нихъ опустится въ первую секунду своего паденія на 5 метровъ; если мы соединимъ ихъ въ одинъ большой кусокъ, то отъ этого ровно ничего не измѣнится, ибо безразлично, будетъ ли свинецъ падать разрозненными кусками или соединенный въ одну массу. Но этотъ большой кусокъ будетъ вѣсить 1000 граммовъ или одинъ килограммъ, сила прятяженія, дѣйствующая на него, будетъ равняться не единицѣ, а 1000 единицъ, и все же намъ ясно, что въ первую секунду онъ пройдетъ тѣ же 5 метровъ.

Основные законы движенія были открыты Галилеемъ, имя котораго вслѣдствіе преслѣдованія стало извѣстно не однимъ только спеціалистамъ-ученымъ. Первый установленный имъ законъ—это законъ косности или инерціи, согласно которому разъ приведенное въ движеніе тѣло должно двигаться съ равномѣрной скоростью до тѣхъ поръ, пока на него не подѣйствуетъ какая-либо другая сила.

Открыть этотъ законъ было не легко, ибо въ природѣ подобнаго движенія вовсе не существуетъ, и человѣкъ точно также не въ состояніи поставить движущееся тѣло въ такія условія, чтобы на него не дѣйствовали посторонія силы, измѣняющія его движеніе; если мы можемъ уменьшить всякія препятствія для движенія, какъ напримѣръ, сопротивленіе воздуха и треніе, то все-же мы не въ состояніи устранить ихъ вполнѣ; а вѣдь это именно необходимо, чтобъ доказать справедливость этого закона на опытѣ. Задача поэтому заключалась въ томъ, чтобы доказать и опредѣлить дѣйствіе треніе при сложныхъ явленіяхъ движенія, которыя мы встрѣчаемъ въ природѣ и при собственныхъ опытахъ Это именно удалось доказать

Галилею для случаевъ свободнаго паденія тѣлъ, для тѣла брошеннаго на воздухъ и для другихъ подобныхъ же явленій.

Второй установленный Галилеемъ законъ гласитъ, что путь тѣла, движущагося подъ непрерывнымъ воздѣйствіемъ какой либо силы, въ каждый данный ничтожный промежутокъ времени можетъ быть разсматриваемъ какъ сумма двухъ путей, изъ которыхъ одно тѣло проходитъ по инерціи подъ вліяніемъ уже раньше пріобрѣтенной имъ скорости, а другой представляетъ путь, который тѣло совершаетъ подъ вліяніемъ происходящаго въ этотъ-же промежутокъ времени дѣйствія силы.

Изъ этого второго закона вытекаетъ, что всякая непрерывно дѣйствующая сила приводитъ тѣло въ ускоренное движеніе, а если она дѣйствуетъ одинаково, то производитъ равномѣрно ускоренное движеніе. Изъ сказаннаго раньше намъ теперь ясно, что тяжесть вблизи земной поверхности представляетъ именно такую силу, такъ что свободное паденіе всякаго тѣла служитъ намъ превосходнымъ примѣромъ равномѣрно ускореннаго движенія.

Чтобы достигнуть намѣченной цѣли, намъ слѣдуетъ прибѣгнуть къ чрезвычайно простому и немногосложному вычисленію.

Представимъ себѣ, что сила тяжести, подъ вліяніемъ которой въ теченіе нѣкотораго времени двигалось тѣло, въ извѣстный моментъ прекращаетъ свое дѣйствіе на него; тѣло послѣ прекращенія дѣйствія силы тяжести не остановится, но будетъ продолжать свое движеніе, по закону инерціи, съ равномѣрной скоростью.

Скорость падающаго тѣла въ данный моментъ измѣряется тѣмъ пространствомъ, которое тѣло прошло-бы въ слѣдующую секунду, если-бы сила тяжести съ даннаго момента прекратила свое дѣйствіе на тѣло.

Предоставимъ нѣкоторому тѣлу, обладающему вѣсомъ, свободно падать въ теченіе 3 секундъ (или общѣе t секундъ), въ такомъ случаѣ конечная скорость, пріобрѣтенная имъ за время паденія, должна равняться тому пути, который тѣло прошло-бы въ теченіе 4-й секунды (или общѣе въ теченіе $t + 1$-й секунды), если-бы съ конца 3-й (общѣе t-й) секунды сила тяжести прекратила свое дѣйствіе, и тѣло продолжало двигаться исключительно въ силу своей инерціи.

Такъ какъ способъ дѣйствія силы тяжести на падающее тѣло во всѣ моменты паденія остается однимъ и тѣмъ-же, то, слѣдовательно, скорость падающаго тѣла должна возрастать въ одинаковые промежутки времени на одну и ту-же величину, т. е. движеніе должно быть равномѣрно ускореннымъ. Если тѣло въ теченіе первой секунды паденія пріобрѣтаетъ скорость g, то по истеченіи 2, 3, 4 . . . .-й секунды оно должно пріобрѣсти скорость, равную 2g, 3g, 4g . . . . tg. Это можно выразить слѣдующимъ общимъ положеніемъ: скорость свободно падающаго тѣла возрастаетъ въ томъ-же отношеніи, какъ и время паденія. Назовемъ скорость, пріобрѣтенную тѣломъ по прошествіи t секундъ, черезъ G, скорость въ концѣ первой секунды черезъ g, въ такомъ случаѣ открытый нами законъ мы можемъ выразить слѣдующей формулой:

$$G = g \times t \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Какъ велико пространство, проходимое тѣломъ въ теченіе 1, 2, 3, 4 . . . . t секундъ? Въ началѣ первой секунды, въ тотъ моментъ, когда тѣло только начинаетъ свое паденіе, оно не имѣетъ скорости, слѣдовательно въ началѣ первой секунды скорость равна нулю, въ концѣ той-же секунды она уже равняется g. Такъ какъ скорость возрастаетъ равномѣрно, то—какъ это понятно безъ дальнѣйшихъ разъясненій—путь, пройденный въ первую секунду, долженъ быть такъ великъ, какъ если-бы тѣло въ теченіе этой секунды двигалось съ равномѣрной скоростью, занимающей среднее мѣсто между начальной и конечной скоростями, слѣдовательно лежащей по срединѣ между 0 и g. Эта скорость равна, слѣдовательно $g/_2$, а тѣло, движущееся въ теченіе одной секунды со скоростью $g/_2$ проходитъ пространство, равное $g/_2$.

Совершенно такимъ-же способомъ мы можемъ опредѣлить путь, проходимый падающимъ тѣломъ въ теченіе двухъ секундъ. Начальная скорость равна 0, конечная скорость по формулѣ 1) (для t равному 2) $= 2g$, средняя скорость, слѣдовательно равна $^{2g}/_2$, что мы изобразимъ такъ: $2 \times g/_2$; тѣло, движущееся равномѣрно съ такой скоростью въ продолженіи двухъ секундъ, проходитъ пространство $2 \times 2 \times g/_2$.

Въ три секунды тѣло проходитъ пространство $3 \times 3 \times g/_2$, такъ какъ начальная скорость равна 0, конечная скорость $=3g$,

слѣдовательно средняя скорость $= 3 \cdot g/_2$; съ такой скоростью тѣло должно равномѣрно передвигаться въ теченіе 3 секундъ для того, чтобы пройти разстояніе, на которое оно перемѣстится подъ вліяніемъ силы тяжести въ тотъ-же промежутокъ времени.

Намъ остается только обобщить наши выводы, что не представляетъ никакой трудности. Если тѣло падаетъ въ теченіе t секундъ, то оно должно пройти пространство, равное тому пространству, которое тѣло прошло-бы въ тотъ-же промежутокъ времени, если-бы двигалось равномѣрно, и если-бы скорость еще равнялась половинѣ начальной экорости 0 и конечной скорости $g \times t$, слѣдовательно $g/_2 \times t$. Тѣло же, движущееся въ теченіе t секундъ со скоростью $g/_2 \times t$, проходитъ путь (обозначимъ его буквой w).

$$w = g/_2 \times t \times t \quad \ldots\ldots\ldots \quad 2)$$

Законъ, выражаемый этой формулой, гласитъ слѣдующее: путь, проходимый свободно падающимъ тѣломъ возрастаетъ въ томъ-же отношеніи, какъ и умноженное на себя время паденія.

Если мы въ формулѣ 2) придадимъ алгебраическимъ знакамъ различныя числовыя значенія, напр. подставимъ подъ t 1, 2, 3, 4 .... секунды, то мы получимъ пути, проходимые въ 1, 2, 3, 4 .... секунды: именно, $g/_2$, $4g/_2$, $9g/_2$, $16g/_2$, и т. д.

Величина g въ формулахъ 1) и 2), выражающая конечную скорость первой секунды или общее приращеніе скорости въ каждую послѣдующую секунду, является въ то-же время мѣриломъ непрерывно дѣйствующей силы, которую мы могли-бы также, сообразно производимому ею дѣйствію назвать ускоряющей силой,—почему эта величина g и можетъ быть названа просто ускореніемъ.

Значеніе величины g мы опредѣляемъ изъ наблюденій надъ свободнымъ паденіемъ тѣлъ, удобнѣе всего изъ наблюденій пройденныхъ по прошествіи 1, 2, 3, 4 .... секундъ путей. Результаты такого рода наблюденій сопоставлены въ слѣдующей таблицѣ:

Время паденія въ секундахъ.	Пройденный путь въ метрахъ.
1	5
2	20
3	45

4	80
5	120
6	180

Вычисленное на основаніи этихъ данныхъ значеніе g оказывается равнымъ 10 метрамъ. Нами приведены, ради удобства, округленныя числа, болѣе точное значеніе g равно 9,809 метра. Это число относится, конечно, только къ поверхности земли и ближайшимъ къ ней точкамъ, о чемъ уже упоминалось выше.

Отъ числа g зависитъ вѣсъ тѣла, т.-е, давленіе производимое имъ на поддерживающую его подставку. Вообще говоря, вѣсъ тѣла опредѣляется исключительно массой его и числомъ g. Роль массы понятна безъ всякихъ разъясненій; вліяніе числа g станетъ для насъ яснымъ если мы, примемъ во вниманіе, что тѣло должно производить во всякомъ случаѣ большее давленіе на подставку въ томъ случаѣ, когда оно при свободномъ паденіи пріобрѣтаетъ большую скорость, чѣмъ въ томъ случаѣ, когда оно при свободномъ паденіи пріобрѣтаетъ меньшую скорость. Поэтому мы можемъ приравнять вѣсъ P произведенію массы на g; формулой мы выразимъ это слѣдующимъ образомъ:

$$P = m \times g \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 3$$

гдѣ m обазначаетъ массу.

Вѣсъ тѣла равенъ притяженію, которое испытывается тѣломъ подъ вліяніемъ земли. Обозначимъ массу земли черезъ M, радіусъ ея черезъ R — эта-же величина R въ нашемъ случаѣ равна разстоянію тѣла отъ центра земли,— черезъ C обозначимъ число, зависящее исключительно отъ избранныхъ нами измѣрительныхъ единицъ; тогда, принявъ во вниманіе, что притяженіе шарообразнаго тѣла дѣйствуетъ совершенно такимъ образомъ, какъ если-бы вся масса его была сосредоточена въ центрѣ, мы получимъ для величины притяженія, т. е. вѣса, по закону Ньютона, слѣдующее выраженіе:

$$P = \frac{C \times M \times m}{R \times R} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

При сравненіи формулъ 3) и 4), мы должны заключить, исходя изъ равенства лѣвыхъ частей обоихъ уравненій, о равенствѣ также и правыхъ частей ихъ. Слѣдовательно:

$$m \times g = \frac{C \times M \times m}{R \times R}$$

Если въ двухъ произведеніяхъ одинъ множитель является общимъ, то остальные множители этихъ произведеній должны быть равны между собою, отсюда слѣдуетъ, что:

$$g = \frac{C \times M}{R \times R} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

Итакъ мы видимъ, что въ выраженіе, найденное нами для величины g, входятъ исключительно величины постоянныя C есть нѣкоторая неизмѣняющаяся величина, зависящая: отъ выбранныхъ нами единицъ: M — масса земли, R — ея радіусъ. Поэтому g должно считаться также величиной постоянной, совершенно не стоящей въ зависимости отъ той массы, на которую дѣйствуетъ притяженіе. Въ концѣ мы, слѣдовательно, пришли къ тому-же результату, который выше былъ нами полученъ на основаніи совершенно другого хода разсужденій.

Изъ формулы 5) мы кромѣ того узнаемъ, что g остается постояннымъ только въ томъ случаѣ, когда тѣло находится вблизи земной поверхности; если послѣднее условіе не соблюдено, то, приравнивая разстояніе тѣла отъ центра земли радіусу послѣдней, мы рискуемъ сдѣлать замѣтную ошибку. Если тѣло удалено на значительное разстояніе отъ поверхности земли, то R должно обозначать разстояніе тѣла отъ центра земли, а не радіусъ, и по величинѣ должно превышать послѣдній. Въ нашей формулѣ R стоитъ въ знаменателѣ, слѣдовательно при увеличеніи R дробь должна уменьшаться, и величина g становится тѣмъ меньше, чѣмъ болѣе мы удаляемся отъ земли. О значеніи величины g_2 на разстояніи луны я уже сообщалъ выше.

Еще одинъ чрезвычайно интересный выводъ можетъ быть сдѣланъ изъ формулъ 5). Въ формулу входятъ какъ масса земли, такъ и ея радіусъ; отсюда слѣдуетъ, что значеніе величины g зависитъ отъ массы и размѣровъ того мірового тѣла, на которомъ мы его наблюдаемъ. Изъ формулы 5) мы поэтому должны сдѣлать выводъ, что ожиданія наши найти на всѣхъ міровыхъ тѣлахъ одно и то-же g не могутъ оправдаться, что, другими словами, тѣло, вѣсящее на землѣ одинъ килограммъ, можетъ имѣть совершенно другой вѣсъ на какомъ-либо другомъ міровомъ

Генри Кавендишъ.

Дозв. ценз. Спб. 7 мая 1897 г. Тип. Вольфа.

БИБЛІОТЕКА
ДЛЯ ВЫДАЧИ КНИГЪ ДОМЪ
М. С. П. о Т.

тѣлѣ. Только масса тѣла никогда и ни при какихъ условіяхъ не измѣняется и остается всегда одной и той-же.

Астрономія научаетъ насъ опредѣлять размѣры и массу солнца, луны и планетъ; изъ полученныхъ этимъ путемъ величинъ мы въ состояніи опредѣлить скорость падающаго тѣла или ускореніе тяжести на каждомъ изъ этихъ міровыхъ тѣлъ. Такъ на солнцѣ она равняется 20 метрамъ, на лунѣ всего только 2 метрамъ. Въ то время какъ на землѣ падающее тѣло въ первую секунду проходитъ 5 метровъ, на лунѣ оно проходитъ всего одинъ метръ, а на солнцѣ 145 метровъ. Слѣдствіемъ подобнаго различія является необычайная разница въ вѣсѣ тѣла. На землѣ литръ воды вѣситъ одинъ килограммъ или 1000 граммовъ, на лунѣ онъ вѣсилъ бы всего 200 граммовъ, между тѣмъ какъ на солнцѣ онъ вѣсилъ бы 29 килограммовъ. Вообразимъ теперь себѣ, что мы перенеслись на солнце. Мышечная сила наша не измѣнилась бы при этомъ, между тѣмъ какъ вѣсъ нашего тѣла увеличился бы сразу въ 29 разъ, и навѣрное ни одинъ человѣкъ не въ состояніи былъ бы сдѣлать даже шагу, потому что мышцы тѣла оказались бы слишкомъ слабыми сравнительно съ вѣсомъ его; между тѣмъ на лунѣ человѣкъ двигался бы съ необычайной легкостью; усиліе, которое человѣкъ дѣлаетъ, чтобъ подскочить на землѣ на одинъ метръ, подбрасывало бы его на лунѣ на высоту пяти метровъ. Не будемъ предаваться дальнѣйшимъ фантазіямъ, обратимъ вниманіе лишь на одно обстоятельство, именно на зависимость между строеніемъ и всѣми отправленіями нашего тѣла и размѣрами силы тяжести на землѣ. Несомнѣнно строеніе и всѣ отправленія нашего тѣла слагались подъ вліяніемъ этого всеобщаго фактора.

ГЛАВА VII.

Что такое работа?

Величина работы и ея измѣреніе.

Теперь мы воспользуемся прежними нашими разъясненіями для того, чтобы подробнѣе разсмотрѣть, что такое работа. Мы уже говорили, что понятіе о работѣ машинъ,

о работѣ природы человѣкъ получилъ, наблюдая естественныя движенія; поэтому, разсмотрѣвъ послѣднія, мы въ состояніи доставить читателю наглядное представленіе о работѣ. Но мы, конечно, оставимъ въ сторонѣ понятіе объ умственной работѣ, такъ какъ оно сюда не относится.

Всякая внѣшняя работа совершается человѣкомъ при помощи силы, собранной въ его мышцахъ. Если мышцы повреждены, то рука не въ состояніи исполнить никакой работы; движущая сила мышцъ должна находиться въ живомъ состояніи, и сами мышцы должны повиноваться приказаніямъ, которыя мозгъ посылаетъ по нервамъ; лишь въ такомъ случаѣ данный членъ способенъ къ разнообразнымъ движеніямъ и можетъ съ помощью различныхъ инструментовъ совершать ту или иную работу.

То же самое мы можемъ сказать про машины. Мы пользуемся безконечно разнообразными механизмами для самыхъ различныхъ работъ. Но, несмотря на разнообразіе, всѣ машины имѣютъ нѣчто общее: онѣ нуждаются въ движущей силѣ, которая приводила бы ихъ въ движеніе, подобно тому, какъ человѣческая рука приводитъ въ движеніе инструменты.

Но работа кузнеца требуетъ гораздо большаго напряженія мышцъ, чѣмъ работа музыканта, играющаго на скрипкѣ; точно также и мышцы различаются по силѣ и продолжительности дѣйствія приводящаго ихъ въ движеніе двигателя. Когда мы говоримъ о величинѣ работы какой нибудь машины, то мы подразумѣваемъ подъ этимъ именно эти различія, соотвѣтствующія различнымъ степенямъ напряженія мышцъ при работѣ человѣка. Стало быть, мы понимаемъ при этомъ не различныя движенія, которыя при этомъ исполняетъ машина, но исключительно трату или потребленіе ея силы. Выраженіе „потребленіе силы“ означаетъ, что употребляемая сила тратится и исчезаетъ, и это обстоятельство приводитъ насъ къ дальнѣйшему сравненію между движеніемъ человѣческой руки и движеніемъ машинъ. Человѣческая рука устаетъ тѣмъ сильнѣе, чѣмъ значительнѣе и чѣмъ дольше напряженіе ея, потому что при этомъ временно истрачивается запасъ ея двигательной силы. Это свойство силы—тратиться при работѣ—присуще также естественнымъ двигателямъ. Въ этомъ замѣ-

чаніи заключается зерно второго основного закона естествознанія, и физіологія учитъ насъ, что свойственная нашимъ членамъ усталость есть лишь одно изъ безчисленныхъ слѣдствій этого закона. Уставшія мышцы требуютъ отдыха, который доставляетъ ей покой и питаніе; но и естественные двигатели могутъ воротить себѣ потраченную силу, хотя для этой цѣли служатъ иныя средства, чѣмъ тѣ, которыя возстановляютъ силу человѣческой руки.

Понятіе о размѣрѣ работы мы можемъ получить изъ ощущенія напряженія и усталости собственныхъ мышцъ; но подобное сравненіе доставляетъ намъ слишкомъ неопредѣленную оцѣнку, и поэтому мы должны установить болѣе ясныя и опредѣленныя понятія о мѣрѣ, которою мы опредѣляемъ величину работы.

Найти эту мѣру для естественныхъ силъ гораздо легче, чѣмъ для мышцы животнаго или человѣка, представляющей весьма сложный аппаратъ съ очень хитрымъ механизмомъ.

Разсмотримъ для этого извѣстную намъ тяжесть съ точки зрѣнія двигателя; такимъ двигателемъ является, напримѣръ, тяжесть въ обыкновенныхъ часахъ съ гирями, которая подвѣшена къ нити, перекинутой черезъ валикъ съ первымъ зубчатымъ колесомъ часовъ. Гиря эта можетъ двигаться подъ вліяніемъ тяжести не иначе, какъ приводя въ движеніе весь механизмъ часовъ. Обратимъ теперь вниманіе на слѣдующее обстоятельство: гиря приводитъ въ движеніе часы лишь въ томъ случаѣ, если падаетъ все ниже и ниже, пока не вытянется на всю длину нити; тогда часы останавливаются, потому что работоспособность гири истрачена до конца. Тежесть или вѣсъ ея не исчезли и не уменьшились, и гиря притягивается землею съ прежней силой, какъ мы въ томъ можемъ убѣдиться при помощи вѣсовъ; но способность приводить въ движеніе часы утратилась, тяжесть теперь удерживаетъ гирю въ самой нижней точкѣ ея пути, но не можетъ привести ее въ дальнѣйшее движеніе. Но подтянувъ гирю силой нашей руки вверхъ, мы снова возвращаемъ ей работоспособность и часы приходятъ въ движеніе.

Такимъ образомъ мы узнаемъ, что поднятая на извѣстную высоту гиря представляетъ двигатель, но чтобы дви-

гатель этотъ дѣйствовалъ, гиря непремѣнно должна опускаться: далѣе, что этотъ двигатель тратитъ свою силу при опусканіи, но что другой двигатель, именно наша рука, въ состояніи привести его въ прежнюю дѣятельность.

Конечно, работа гири, приводящей въ движеніе часы, незначительна. Ей приходится непрерывно преодолѣвать сопротивленіе, возникающее отъ тренія осей и зубцовъ, отъ сопротивленія воздуха, и тратить часть своей силы на слабые удары и звуки, которые издаетъ качающійся маятникъ. Если снять съ часовъ гирю, то маятникъ качается еще нѣкоторое время, но движенія его становятся все слабѣе и, наконецъ, прекращаются по причинѣ указанныхъ выше мелкихъ сопротивленій. Такимъ образомъ, для непрерывнаго движенія часовъ необходимъ, хотя и ничтожный, но постоянно дѣйствующій двигатель, какимъ и является тяжесть.

Впрочемъ, этотъ примѣръ можетъ намъ доставить мѣру для опредѣленія величины работы. Предположимъ, что наши часы приводятся въ движеніе гирей, вѣсомъ въ килограммъ, которая въ 24 часа опускаются на 1 метръ. Если поставить рядомъ 10 такихъ часовъ и заставить ихъ идти 24 часа, то 10 килограммовъ, опустившись на 1 метръ, произведутъ въ 10 разъ большую работу, причемъ каждые часы будутъ преодолѣвать одинаковое сопротивленіе. Изъ этого мы заключаемъ, что при одинаковой высотѣ паденія работа увеличивается въ одинаковомъ отношеніи съ вѣсомъ гирь. Если мы удлинимъ шнурокъ настолько, чтобъ гиря опускалась на 2 метра, то часы будутъ идти безъ завода не одинъ, а 2 дня и въ теченіе этого второго дня гиря еще разъ преодолѣетъ тѣ же сопротивленія, которыя она преододолѣвала въ первый день, т. е. въ общемъ совершитъ вдвое большую работу, чѣмъ при паденіи на 1 метръ. Изъ этого вытекаетъ, что за мѣру работы мы должны принимать, по крайней мѣрѣ для даннаго примѣра, произведен я вѣса на высоту, съ которой онъ спускается. Если мы обозначаемъ работу черезъ А, вѣсъ черезъ Р, высоту паденія Н, то существующее между ними отношеніе мы можемъ выразить слѣдующей формулой:

$$A = P \times H \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 6)$$

На самомъ дѣлѣ, примѣненіе этой мѣры не ограничи-

вается данным примѣромъ часовъ: въ техникѣ для опредѣленія величины работы служитъ мѣра килограммометръ, т. е. работа, которую можетъ произвести килограммъ, падая съ высоты 1 метра. Но для практики эта мѣра слишкомъ мала, и потому вмѣсто нея служитъ лошадиная сила, равняющаяся 75 килограммо-метрамъ.

Эту мѣру рабочей силы мы можемъ примѣнять ко всякимъ машинамъ, потому что слабая машина можетъ подобно часамъ быть приведена въ движеніе валомъ съ гирей. Такимъ образомъ, мы можемъ опредѣлять силу каждаго двигателя любой машины величиной и высотой паденія такой тяжести, которая поддерживала бы движеніе машины, пока она не выполнитъ данную работу. Вотъ почему измѣреніе рабочей силы посредствомъ килограммо-метровъ имѣетъ всеобщее примѣненіе.

На практикѣ пользованіе тяжестью въ качествѣ двигателя совсѣмъ не выгодно въ случаяхъ, когда приходится поднимать ту же тяжесть на прежнюю высоту рукою, такъ какъ проще приводить машину въ движеніе прямо силою руки. Мы подвѣшиваемъ гирю къ часамъ, замѣняя этимъ человѣка, который стоялъ бы около часовъ и постоянно приводилъ бы ихъ въ движеніе. При заводкѣ часовъ мы снабжаемъ ихъ запасомъ силы для движенія въ теченіе 24 часовъ.

Нѣсколько иначе обстоитъ дѣло, когда мы пользуемся тяжестью, которую сама природа поднимаетъ вверхъ. Конечно, она производитъ эту операцію не надъ твердыми тѣлами, но надъ водой, которую она, посредствомъ метеорологическихъ процессовъ подымаетъ на склоны горъ, послѣ чего вода бѣжитъ обратно внизъ. Мы пользуемся тяжестью воды въ качествѣ двигателя въ водяныхъ мельницахъ и въ турбинахъ, представляющихъ изъ себя также колеса съ продольными ящиками, въ которые сама собою и стекаетъ вода. Тяжесть этихъ ящиковъ приводитъ въ движеніе колесо, причемъ они сами собой опоражниваются на обратномъ пути вверхъ. Ясно, что и здѣсь колесо двигается подъ вліяніемъ тяжести воды въ ящикахъ, которые опускаются внизъ, и что при этомъ тяжесть ни на каплю не уменьшается, хотя дойдя до низу, она уже не въ состояніи вращать дальше колесо, дальнѣйшее движеніе

производится новымъ количествомъ воды, вливающимся въ очередные порожніе ящики. Но если позади мельницы почва понижается, то вылившуюся изъ ящика воду можно снова употребить для движенія колесъ второй, третьей и т. д. мельницъ. Когда, наконецъ, вода дотекаетъ до самаго низкаго мѣста, т. е. до моря, она теряетъ послѣдній остатокъ своей рабочей силы, проистекающей отъ притяженія земли, и дальнѣйшую работу вода можетъ произвести лишь послѣ того, какъ она снова подымется на высоту, а это она производитъ благодаря метеорологическимъ процессамъ испаренія, образованія облаковъ и дождя.

ГЛАВА VIII.

Зависимость между работой и энергіей механическихъ силъ.

Наблюденіе маятника.—Кинетическая и потенціальная энергія.—Положеніе о постоянствѣ энергіи.—Примѣры.—Золотое правило механики.

Для выясненія отношенія между скоростью движущагося тѣла и его рабочей силы воспользуемся какимъ нибудь простымъ примѣромъ. Этотъ примѣръ доставитъ намъ маятникъ, состоящій изъ какого нибудь груза, подвѣшеннаго на нить. Предположимъ, что грузъ имѣетъ форму шарика. Извѣстно, что въ состояніи покоя маятникъ занимаетъ всегда такое положеніе, что нить его при продолженіи прошла бы черезъ центръ земли. Этимъ приборомъ въ формѣ отвѣса пользуется каждый каменьщикъ при возведеніи стѣнъ. Если мы предположимъ, что маятникъ виситъ надъ гладкой поверхностью воды, то нить его образуетъ съ этой поверхностью прямой уголъ, откуда бы мы ни смотрѣли; иными словами, нить его занимаетъ отвѣсное положеніе. Изъ этого ясно, что въ этомъ положеніи грузъ маятника находится ближе къ поверхности воды, чѣмъ при всякомъ другомъ положеніи. Если мы отклонимъ грузъ, натянувши нить, въ сторону, то разстояніе между нимъ и поверхностью воды увеличится. Обозначимъ эту разницу въ высотѣ черезъ букву H. Такимъ образомъ, отклонивши маятникъ въ сторону, мы въ сущности под-

няли его на высоту H, т. е. совершили нѣкоторую работу, равную произведенію вѣса маятника на высоту H.

Эту работу мы можемъ выразить формулой:

$$A=P\times H \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 6)$$

Такую работу мы совершили, преодолѣвая тяжесть, которая, конечно, равна вѣсу груза; тяжесть оказывала сопротивленіе рукѣ, отводившей маятникъ, потому что она стремится удержать грузъ его на самой низкой точкѣ. Если выпустить грузъ изъ рукъ, то маятникъ возвращается къ своему прежнему нормальному положенію. Но онъ достигаетъ его съ извѣстной пріобрѣтенной имъ скоростью и потому не можетъ остановиться здѣсь: онъ откачивается въ противоположную сторону и при томъ какъ разъ на такое разстояніе, на какое первоначально былъ отведенъ. Стало быть, онъ снова поднялся на высоту H. Достигнувъ предѣльной точки, маятникъ снова начинаетъ скользить внизъ, и движенія или качанія его между крайними точками продолжались бы, конечно, если бы сопротивленіе воздуха и треніе въ точкѣ привѣса не полагали имъ конецъ. Чѣмъ слабѣе эти препятствія, тѣмъ дольше качается маятникъ и, устраняя ихъ, не трудно достигнуть того, что маятникъ будетъ качаться въ теченіе многихъ часовъ.

Но для нашей цѣли намъ достаточно взять полтора качанія, которыя мы разбиваемъ на три части (I, II, III), соотвѣтственно двумъ крайнимъ точкамъ и точкѣ покоя. I-ю часть маятникъ проходитъ отъ точки, куда мы отвели его рукою, до точки покоя; II-ю часть онъ проходитъ отъ точки покоя до противоположной крайней точки, а III-ю отъ нея обратно къ точкѣ покоя. Въ I-й части мы произвели рукой указанную выше работу; та же работа совершается во II-й части, но уже не силою руки, а благодаря скорости, которую маятникъ имѣлъ, проходя черезъ самую низкую точку. Она, стало быть, въ состояніи поднять грузъ маятника какъ разъ на ту высоту, но которую онъ спустился, двигаясь въ I-й части пути. Если скорость въ состояніи совершить работу, то она есть энергія, и вотъ такую-то заключающуюся въ движеніи энергію мы называемъ кинетической энергіей (kineo по гречески значитъ двигаю).

Съ помощью тѣхъ разсужденій, которыя нами приводи-

лись уже ранѣе, мы можемъ съ легкостью опредѣлить зависимость между кинетической энергіей и скоростью.

Въ нашемъ распоряженіи находятся слѣдующія формулы:

для скорости » 1) $G=t\times g$
для пространства (въ нашемъ случаѣ II) формула 2) $H=g/_2\times t\times t$
для вѣса (или тяжести) » 3) $P=m\times g$
для работы » 6) $A=P\times H$

Обозначимъ кинетическую энергію маятника, масса котораго равна m, въ моментъ прохожденія его чрезъ положенія равновѣсія, черезъ E, тогда, согласно вышеприведенному замѣчанію, E должно равняться A: $E=A$.

Производя различныя комбинаціи нашихъ формулъ, мы получимъ послѣдовательно слѣдующія выраженія:

$$E=P\times H.$$

Вмѣсто P вставимъ правую часть равенства 3), тогда получимъ

$$E=m\times g\times H;$$

вмѣсто H вставимъ правую часть равенства 2), тогда

$$E=m\times g\times g/_2\times t\times t,$$

Напишемъ это выраженіе слѣдующимъ образомъ:

$$E=m/_2\times g\times t\times g\times t$$

Но по формуламъ 1) $g=t\times g$, слѣдовательно

$$E=m/_2\times g\times g \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 7)$$

Словами мы выразимъ эту формулу такъ: кинетическая энергія движущагося тѣла равна произведенію половины массы на умноженную на себя скорость тѣла.

Формула эта необычайно поучительна. Она показываетъ намъ, что для произведенія работы выгоднѣе пользоваться большой скоростью, а не большой массой. Еслибъ мы задумали вогнать гвоздь въ доску простымъ давленіемъ положенной на него массы, то послѣдняя должна быть весьма значительна; между тѣмъ, легкій молотокъ въ нашей рукѣ производитъ ту же работу. Далѣе, благодаря этой формулѣ мы понимаемъ, почему пуля, представляющая въ состояніи покоя самую безвредную вещь,—при выстрѣлѣ производитъ смертельный ударъ: масса ея, конечно, не велика, зато скорость движенія весьма значительна. Вотъ почему изобрѣтатели ружей и пушекъ стараются увеличить скорость движенія снаряда. Не трудно вычислить, насколько увеличеніе скорости снаряда увеличиваетъ силу удара,

т.е. кинетическую энергію его. Пуля ружья Вернднля имѣетъ начальную скорость въ 500 метровъ, между тѣмъ какъ пуля ружья Манлихера по выходѣ изъ дула движется со скоростью 600 метровъ; предположивъ, что вѣсъ пуль одинаковый, мы видимъ, что по формулѣ сила удара ихъ выражается цифрами 500×500 и 600×600. т. е. отношеніе между этими силами, какъ 250,000 къ 360,000 или какъ 25 къ 36. Такимъ образомъ, хотя скорость пули ружья Манлихера превосходитъ лишь на $^1/_5$ силу ружья Вернднля, однако кинетическая энергія или сила удара ея больше почти на $^1/_3$.

Кинетическая энергія помимо своего примѣненія въ техникѣ часто проявляется въ разныхъ другихъ случаяхъ. Желая перескочить черезъ канаву, мы дѣлаемъ разбѣгъ въ случаяхъ, когда не надѣемся, что мышцы нашего тѣла въ состояніи перебросить насъ на тотъ берегъ. Мы пользуемся, такимъ образомъ, кинетической энергіей нашего тѣла послѣ разбѣга. Точно также нагруженные возы двигаются передъ небольшимъ подъемомъ съ большею скоростью, чтобы запастись кинетической энергіей.

Но возвратимся къ нашему маятнику. Движенія его показываютъ намъ ясно, какимъ образомъ кинетическая энергія можетъ превращаться въ работу и работа обратно въ кинетическую энергію. Однако, намъ при этомъ нужно обратить особое вниманіе на одно обстоятельство. Въ той точкѣ, гдѣ маятникъ на мгновеніе останавливается предъ тѣмъ, какъ откачнуться въ обратную сторону, онъ не обладаетъ кинетической энергіей, но зато обладаетъ способностью совершить работу. Но мы уже сказали, что способность совершить работу есть энергія, а потому мы должны признать, что маятникъ въ этой точкѣ обладаетъ ею. Такую энергію мы называемъ возможной или потенціальной энергіей, потому что въ этой формѣ энергія обладаетъ возможностью совершить работу, но не можетъ сдѣлать ея непосредственно, а должна предварительно обратиться въ кинетическую энергію. Изъ всего сказаннаго раньше намъ теперь ясно, откуда проистекаетъ потенціальная энергія: она происходитъ изъ работы, которая была потрачена, чтобы поднять массу до указанной точки, но она не только происходитъ отъ этой работы, но и совер-

шенно равна ей, ибо когда масса маятника достигаетъ самой низкой точки, то она не заключаетъ въ себѣ нисколько потенціальной, а лишь одну кинетическую энергію. Если мы остановимъ маятникъ въ то время, какъ онъ проходитъ черезъ самую низкую точку, то онъ, конечно, уже не станетъ качаться дальше. Такимъ образомъ, потенціальная энергія въ моментъ поворота маятника совершенно равна кинетической энергіи въ моментъ его прохожденія черезъ самую низкую точку, а стало быть обѣ онѣ равны той работѣ, которую мы потратили, когда выводили маятникъ изъ состоянія покоя.

Все сказанное есть наиболѣе общее выраженіе для отношеній, существующихъ между обоими родами энергій и работой. Разсмотримъ теперь грузъ маятника въ какой нибудь точкѣ 1-й части пути. Въ этой точкѣ грузъ обладаетъ уже извѣстной скоростью, а стало быть и кинетической энергіей. Но онъ обладаетъ также и потенціальной энергіей, такъ какъ, будучи задержанъ, можетъ всетаки совершать небольшія качанія, т. е. нѣкоторую работу. Изъ вышесказаннаго ясно, что кинетическая энергія груза въ этой точкѣ есть не что иное, какъ та форма, въ которой проявляется потраченная до этого момента потенціальная энергія; такимъ образомъ для каждой точки пути сумма кинетической и потенціальной энергіи есть неизмѣняющаяся величина, равная работѣ, которая была потрачена для созданія потенціальной энергіи. Указанное нами отношеніе примѣнимо къ каждой точкѣ и къ каждому качанію маятника и не только къ качанію маятника, но вообще ко всякому движенію. Такимъ образомъ, мы приходимъ къ положенію, что сумма потенціальной и кинетической энергіи есть постоянная величина.

Положеніе это относилось первоначально къ механической энергіи и было доказано еще въ прошломъ столѣтіи; но открытіе, что оно составляетъ всеобщій законъ природы и притомъ самый главный и основной,—осталось на долю нашему столѣтію (1847). Съ этимъ открытіемъ связано имя знаменитаго нѣмецкаго физика Германа Гельмгольца.

Этотъ законъ разъясняетъ намъ, почему вода на вершинѣ горы отличается отъ воды въ морѣ: первая обладаетъ въ зависимости отъ высоты извѣстнымъ количест-

вомъ потенціальной энергіи, которую вторая уже успѣла истратить, вслѣдствіе чего ее нельзя примѣнить для тѣхъ цѣлей, для которыхъ служитъ вода, падающая съ высоты.

Разсмотримъ теперь другія механическія силы, напримѣръ, силу упругихъ тѣлъ. Въ карманныхъ часахъ гири замѣняются стальными пружинами; такую пружину при заводкѣ часовъ мы закручиваемъ для того, чтобы она, медленно раскручиваясь, приводила въ движеніе часы. Для того, чтобы завести часы, мы должны потратить извѣстную работу, такъ какъ необходимо преодолѣть сопротивленіе упругой силы пружины. Напряженіе пружины есть потенціальная энергія; при движеніи часовъ она превращается въ кинетическую энергію, которая доставляетъ необходимую работу для преодолѣнія тренія зубчатыхъ колесъ.

То же самое наблюдаемъ мы на самострѣлѣ. Тетиву его необходимо натянуть рукою, благодаря чему снарядъ заряжается потенціальной энергіей; въ моментъ выстрѣла эта потенціальная энергія превращается въ кинетическую, которая, преодолѣвая сопротивленіе воздуха и ударяясь въ цѣль, совершаетъ требуемую отъ снаряда работу.

Но если мы сравнимъ оба приведенные нами примѣра, то откроемъ между ними большое различіе. Самострѣлъ сгущаетъ въ одинъ моментъ всю работу, которую сообщила тетивѣ рука въ теченіе нѣсколькихъ секундъ натягиванья; между тѣмъ, какъ пружина часовъ тратитъ ее въ теченіе одного или нѣсколькихъ дней. Ни въ томъ, ни въ другомъ случаѣ мы не пріобрѣтаемъ избытка работы, оба механизма даютъ намъ равно столько работы, сколько имъ было сообщено; но за то мы получаемъ ее въ удобной, соотвѣтствующей нашей цѣли формѣ, въ чемъ заключается новая громадная выгода, доставляемая накопленіемъ потенціальной энергіи.

Духовое ружье, стрѣляющее сжатымъ воздухомъ, представляетъ такой же примѣръ, какъ и примѣръ самострѣла. Вообще, примѣненіе газовъ весьма обширное. Но, обыкновенно, энергія сообщается имъ не помощью сжатія, а посредствомъ теплоты. Поэтому мы не будемъ разсматривать здѣсь этого примѣра.

Но противъ закона о постоянствѣ энергіи, который означаетъ, въ сущности, то, что работа получается лишь изъ

работы же, кто-нибудь, пожалуй, нашелъ бы какія-нибудь возраженія. Всѣмъ извѣстно, что человѣкъ можетъ поднять на высокое зданіе при помощи блока такой грузъ, котораго онъ иначе не въ состояніи поднять. Развѣ нельзя бы было заставить какою-нибудь большую тяжесть опускаться внизъ, приводить въ движеніе машину и затѣмъ подымать ее вверхъ при помощи воротовъ, системы блоковъ или какого-нибудь иного механизма. Повторяя этотъ процессъ, можно заставить и работать, и накоплять потенціальную энергію, не затрачивая на то никакой особой работы.

Возраженіе это устраняется тѣмъ простымъ разсужденіемъ, что воротъ, кранъ, система блоковъ и прочіе механизмы затягиваютъ работу какъ разъ настолько, насколько они облегчаютъ ее (золотое правило механики), такъ что и съ помощью ихъ не получается какой-либо работы изъ ничего.

Представимъ себѣ, что четыре работника должны при помощи простого ворота поднять грузъ въ 4 центнера. Всякій разъ, какъ они опустятъ веревку на метръ внизъ,— грузъ поднимается на метръ вверхъ. Но если мы подвѣсимъ грузъ къ системѣ изъ 4-хъ блоковъ, то для поднятія его достаточно одного рабочаго, работающаго съ той же самой силой, какъ и прежде. За то теперь на метръ вытянутаго каната грузъ поднимается лишь на четверть метра, такъ какъ вытянутая длина должна распредѣлиться между всѣми четырьмя блоками, вслѣдствіе чего разстояніе между ними сокращается лишь на четверть. Такимъ образомъ, при поднятіи груза на ту же высоту, одинъ работникъ долженъ работать въ четыре раза дольше. Въ общемъ работа нисколько не измѣняется, исполняютъ ли ее четыре работника въ четверть часа или одинъ рабочій въ теченіе часа. „Изъ ничего не выходитъ ничего“, учили еще древніе философы.

ГЛАВА IX.

О природѣ тепла.

Старыя представленія. — Температура. — Опыты, произведенные для опредѣленія природы тепла. — Теплота какъ родъ энергіи. — Измѣреніе количества теплоты. — Соотношеніе между теплотой и механической энергіей. — Первый законъ механической теоріи теплоты.

Теперь же перейдемъ къ разсмотрѣнію явленій, вызываемыхъ теплотой.

Въ древности теплоту считали однимъ изъ тѣхъ четырехъ элементовъ, изъ сочетанія которыхъ, какъ тогда полагали, образовались всѣ тѣла природы. Этими элементами были: земля, огонь, воздухъ и вода. Подъ теплотой понимали не только обыкновенный огонь, но также и солнце, мѣсяцъ, звѣзды, планеты и кометы, молнію и сѣверное сіяніе и т. д., хотя собственно и нельзя было всѣмъ этимъ тѣламъ и явленіямъ безусловно приписывать характеръ пламени.

Средніе вѣка измѣнили грубыя воззрѣнія древности и создали болѣе тонкія и деликатныя представленія о природѣ тепла. Теплоту, также какъ свѣтъ и электричество, разсматривали какъ жидкость, способную съ легкостью проникать всѣ тѣла и соединяться въ нихъ съ обыкновенной, грубой матеріей. Такія жидкости носили названіе невѣсомыхъ жидкостей, такъ какъ опытами было доказано, что нагрѣтыя или наэлектризованныя тѣла не увеличиваются въ вѣсѣ; послѣднее неизбѣжно должно было случиться, еслибы теплородъ или электрическая жидкость, съ которыми они, по существовавшему представленію, соединялись при нагрѣваніи или электризированіи, имѣли самостоятельный вѣсъ.

Мнѣніе, что теплота есть матерія, держалось, несмотря на опыты, доказывавшіе какъ разъ противное, до 1840 года. Въ этомъ году произошелъ переворотъ, который окончательно разрушилъ всѣ существовавшія до того времени и повсемѣстно господствовавшія представленія о природѣ тепла и замѣнилъ ихъ новыми.

Впрочемъ, уже и ранѣе нѣкоторые физики высказывали предположеніе, что теплота есть родъ движенія. Такъ напр., Бойль уже въ 1663 году писалъ: „нѣкоторые опыты показали мнѣ, что немало существуетъ жидкостей, въ которыхъ простое подмѣшиваніе масла, молока или другихъ какихъ-нибудь жидкостей—даже холодной воды—вызываетъ значительное разогрѣваніе. Это послѣднее является результатомъ измѣненныхъ движеній корпускулъ (въ настоящее время мы сказали-бы „молекулъ“) растворителя, которые выводятся приливаемой жидкостью или другимъ какимъ-либо тѣломъ изъ ихъ привычнаго движенія и получаютъ дви-

женія неправильныя и безпорядочныя; такимъ образомъ происходитъ нѣкоторое возмущеніе въ движеніи мельчайшихъ частей, составляющихъ растворяющую жидкость; вотъ въ этомъ-то непрестанномъ движеніи взадъ и впередъ (какова бы ни была его причина), повидимому, и состоитъ главнымъ образомъ сущность теплоты". Опыты-же, которыми впервые было доказано, что теплоту нельзя считать матеріей, относятся къ 1798—1799 годамъ и были произведены Румфордомъ и Дэви.

Прежде чѣмъ обратиться къ этимъ опытамъ, намъ необходимо разъяснить, что слѣдуетъ понимать подъ температурой. Прикасаясь къ тѣлу, мы получаемъ ощущеніе не только его мягкости или твердости, его шероховатости или гладкости, но также и ощущеніе, опредѣляемое его тепловымъ состояніемъ, такое ощущеніе мы обозначаемъ словами: тепло, горячо, прохладно, холодно; оно показываетъ намъ, въ какой степени тепловое состояніе тѣла отличается отъ теплового состоянія того органа, которымъ мы къ нему прикасаемся, и эту степень теплового состоянія мы называемъ температурой. Самымъ простымъ мѣриломъ температуры является, слѣдовательно, ощущеніе, которое по осязательнымъ нервамъ доходитъ до мозга; но, понятно, что при измѣреніи температуръ мы не можемъ вполнѣ положиться на это ощущеніе, также какъ при измѣреніи разстояній мы не полагаемся на нашъ глазомѣръ. Служащій для измѣренія температуры физическій инструментъ, общеупотребительность и распространенность котораго можно вполнѣ приравнять распространенности мѣръ длины и вѣса, называется термометромъ.

Давно уже былъ извѣстенъ тотъ фактъ, что треніе порождаетъ тепло (напримѣръ, отъ этой причины часто загорались, прежде примѣнявшіеся деревянные тормаза желѣзнодорожныхъ вагоновъ); тѣми, которые считали тепло матеріей, это явленіе объяснялось слѣдующимъ образомъ:

Всякое твердое тѣло, прежде чѣмъ оно подвергнется трѣнію, содержитъ при нѣкоторой опредѣленной температурѣ вполнѣ опредѣленное количество теплоты. Оно, какъ говорили прежде, имѣетъ вполнѣ опредѣленную тепловую емкость; иначе говоря, для того чтобы тѣло достигло на-

блюдаемой температуры, его молекулы должны получить вполнѣ опредѣленное количество теплорода. Но еслибы, какимъ-либо образомъ, намъ удалось сдѣлать данное тѣло болѣе вмѣстительнымъ для теплорода, еслибы намъ удалось увеличить его теплоемкость, то оно получило-бы возможность принять въ себя нѣкоторое добавочное количество теплорода, не измѣняя при этомъ своей температуры. Еслибы, съ другой стороны, мы могли, тѣмъ или другимъ способомъ, уменьшить теплоемкость, то потребовалось-бы, конечно, для сохраненія первоначальной температуры меньшее количество тепла, поэтому тѣло нагрѣвалось-бы и стало отдавать свое тепло окружающимъ предметамъ. Этотъ случай имѣетъ полное сходство съ случаемъ сосуда, до краевъ наполненнаго жидкостью. Глубина сосуда, равная высотѣ уровня жидкости въ немъ, представляетъ температуру, количество жидкости отвѣчаетъ количеству теплоты, емкость сосуда замѣняетъ теплоемкость. Станемъ бросать въ сосудъ предметы, тонущіе въ жидкости, въ такомъ случаѣ мы уменьшимъ то пространство, которое можетъ быть заполнено жидкостью; избыточная жидкость станетъ перетекать черезъ край сосуда, но сосудъ все-таки останется наполненнымъ до краевъ. Эта аналогія т. е. подобіе, сходный случай, даетъ намъ полное представленіе о томъ, какъ понимали послѣдовали ученія о теплородѣ причину освобожденія тепла при треніи. Они предполагали, что, вслѣдствіе тренія или скобленіи, а также размельченія тѣла въ порошокъ, уменьшается его теплоемкость. Вслѣдствіе этого, для сохраненія первоначальной температуры нѣтъ уже необходимости въ столь большомъ количествѣ тепла, какъ раньше; избыточная теплота течетъ къ окружающимъ предметамъ, но такъ какъ это не можетъ произойти съ достаточной быстротой, то повышается температура тѣла. Противъ такого представленія, съ логической точки зрѣнія, нельзя сдѣлать никакихъ возраженій; но оно основывается на ложномъ взглядѣ, что теплота есть матерія и потому должна подчиняться закону вѣчности вещества. Мы однако увидимъ, что теплота можетъ исчезать какъ таковая, и также можетъ порождаться теплота тамъ, гдѣ ея раньше не было.

Вопросъ о томъ, есть-ли теплота вещество, могъ, слѣдовательно, легко быть разрѣшенъ опытомъ; по справедливому разсужденію Румфорда, теплоемкость расщепленнаго на стружки металла не только должна измѣниться, но и произошедшее измѣненіе должно быть настолько велико, чтобы его хватило на все количество выдѣлившейся теплоты. Румфордъ не нашелъ никакого различія между теплоемкостью расщепленнаго металла и теплоемкостью металла до его размельченія и такимъ образомъ доказалъ, что теплота не можетъ быть веществомъ.

Доказательства того-же онъ достигъ еще другимъ способомъ, который особенно замѣчателенъ, благодаря нѣкоторымъ частностямъ полученныхъ результатовъ. При высверливаніи пушечныхъ дулъ, онъ нашелъ, что, несмотря на неизбѣжную потерю тепла, происходящую при этомъ процессѣ, достаточно работы одной лошади въ теченіе двухъ часовъ и двадцати минутъ, чтобы нагрѣть до кипѣнія 19 фунтовъ ($8^1/_2$ килограммовъ) воды, влитой для охлажденія, и кромѣ того соотвѣтственнымъ образомъ повысить температуру какъ самой пушки, такъ и всѣхъ примѣненныхъ для высверливанія машинъ. Румфордъ въ особенности отмѣчаетъ слѣдующее обстоятельство, которое при ближайшемъ разсмотрѣніи тотчасъ-же становится намъ яснымъ и легко можетъ быть подтверждено опытомъ: что мы этимъ способомъ можемъ привести въ кипѣнію любое количество литровъ воды, если только произведемъ соотвѣтственную работу; но вѣдь въ пушкѣ можетъ заключаться только нѣкоторое ограниченное количество теплоты; если, слѣдовательно, намъ удается какими-либо операціями добыть изъ пушки неограниченное количество теплоты, то эта теплота должна быть во всякомъ случаѣ чѣмъ-нибудь инымъ, а не матеріей. „Мнѣ представляется“, говоритъ Румфордъ, „въ высшей степени затруднительнымъ, если только вообще возможнымъ, составить себѣ опредѣленное представленіе о томъ нѣчто, которое можетъ возбуждаться и распространяться такимъ способомъ, какъ въ приведенныхъ опытахъ возбуждалась и распространялась теплота,—если не принять это нѣчто за движеніе“.

Мы знаемъ, что движеніе есть одна изъ формъ энергіи,

поэтому мы можемъ сказать, что теплота также есть форма энергіи. Принимая во вниманіе извѣстное намъ соотношеніе между энергіей и работой, мы не будемъ удивляться тому, что продолжительная работа, какъ въ опытахъ Румфорда, можемъ вызвать столь большія количества тепла.

Опыты позволили даже вычислить, сколько единицъ работы необходимо для того, чтобы вызвать единицу теплоты. Прежде чѣмъ привести это соотношеніе, должно установить какую-нибудь опредѣленную единицу количества тепла. Само собою понятно, что эта единица должна быть нѣкоторымъ количествомъ тепла, такъ какъ измѣрить какую-либо величину мы можемъ только съ помощью другой, однородной съ нею величины; какъ для измѣренія длины мы пользуемся метромъ, который самъ есть ничто иное, какъ нѣкоторая длина, такъ для измѣренія количества теплоты намъ служитъ калорія. Калоріей мы называемъ такое количество теплоты, которое необходимо для того, чтобы повысить температуру одного литра чистой воды на одинъ градусъ Цельзія (т. е. термометра, на шкалѣ котораго температура кипѣнія воды отмѣчена цифрой 100). Количество теплоты, потребное для повышенія температуры какого-либо тѣла на одинъ градусъ Цельзія, оказывается различнымъ для разныхъ тѣлъ. Основаніемъ для принятія за единицу количества теплоты того количества ея, которое потребно для нагрѣванія воды, служило какъ то, что вода уже и раньше примѣнялась для установленія различныхъ единицъ, такъ равно и то, что количество теплоты, необходимое для повышенія температуры воды на одинъ градусъ, является наибольшимъ среди всѣхъ извѣстныхъ намъ тѣлъ. Такимъ образомъ, одна калорія нагрѣваетъ 1 килограммъ воды на 1 градусъ, килограммъ-же какого либо другаго тѣла она нагрѣваетъ сильнѣе, такъ напр. 1 килограммъ желѣза почти на 9 градусовъ, мѣди нѣсколько болѣе чѣмъ на 10 градусовъ, свинца приблизительно на 34 градуса.

Вопросъ состоитъ въ слѣдующемъ: сколько единицъ работы необходимо затратить, для того, чтобы увеличить количество теплоты на одну калорію?

Воспользуемся для нашего вычисленія опытомъ Румфорда. Въ этомъ случаѣ мы имѣемъ съ одной стороны работу одной лошади въ теченіе 2 часовъ 20 минутъ, т. е. 8400 секундъ; считая работу одной лошади въ 70 килограммометровъ въ секунду, производимъ умноженіе 8400×70 и получаемъ 588,000 килограммометровъ; съ другой стороны у насъ количество теплоты, повысившее температуру $8^1/_2$ килограммовъ воды отъ 0 до 100 градусовъ; это составитъ на каждый килограммъ 100 калорій, на $8^1/_2$ слѣдовательно 850 Такимъ образомъ на 1 калорію приходится 588.000: 850, т. е. приблизительно 690 килограммометровъ. Эта цифра очевидно слишкомъ велика, да иначе и не могло быть, такъ какъ при разсчетѣ не были приняты во вниманіе какъ то количество тепла, которое пошло на нагрѣваніе пушки и сверлильныхъ машинъ, такъ и потеря тепла въ окружающую среду въ продолженіи долго тянущагося опыта. Я привелъ здѣсь разсчетъ по даннымъ Румфорда для того, чтобы показать, что вопросъ о соотношеніи между работой и тепломъ былъ разрѣшенъ имъ не только въ чисто принципіальномъ смыслѣ, но что также опытами его впервые была дана надлежащая опорная точка для окончательнаго рѣшенія вопроса.

Работы Румфорда остались незамѣченными. Такая-же участь ожидала и опыты Дэви, который чрезвычайно оригинальнымъ и наглядным образомъ доказалъ невещественность теплоты. Именно, ему удалось треніемъ двухъ кусковъ льда другъ о друга довести ихъ до таянія. Приверженецъ вещественности теплоты долженъ былъ-бы разсуждать такъ: два трущіеся другъ о друга куска льда никоимъ образомъ не могутъ привести другъ друга къ таянію, такъ какъ для этого необходимо тепло. Въ опытѣ Дэви тепло не доставлялось имъ извнѣ, слѣдовательно они сами должны были произвести его; но въ такомъ случаѣ уже никакъ не могло-бы произойти таянія, такъ какъ каждый кусокъ долженъ раньше дать то тепло, которое послужитъ для расплавленія другого.

Единственный упрекъ, который могъ быть сдѣланъ приверженцами ученія о вещественной природѣ тепла, заключался въ томъ, что теплота въ приведенномъ опытѣ могла получаться изъ какихъ-либо другихъ источниковъ. Поэтому Дэви повторилъ свой опытъ въ такой формѣ, при кото-

рой совершенно устранялся означенный упрекъ. Онъ окружалъ трущіеся другъ о друга металлическіе бруски со всѣхъ сторонъ льдомъ и помѣстилъ ихъ подъ колоколъ воздушнаго насоса, совершенно лишенный воздуха; этимъ вполнѣ былъ устраненъ всякій возможный источникъ ошибокъ. Тѣмъ не менѣе и въ этомъ опытѣ удалось расплавить ледъ единственно и исключительно тѣмъ теплом, которое порождено было треніемъ металлическихъ брусковъ другъ о друга.

Работы Румфорда и Дэви очень много сдѣлали для разъясненія природы тепла, но, несмотря на то, вопросъ, разбиравшійся ими, не могъ считаться окончательно рѣшеннымъ и въ 1840 году вновь былъ подвергнутъ разслѣдованію, въ особенности Джоулемъ. Джоуль показалъ—и въ этомъ состоитъ его заслуга—, что для полученія опредѣленнаго количества теплоты всегда необходимо произвести одну и ту-же работу, какимъ-бы путемъ ни происходило превращеніе работы въ тепло. Вѣдь не одно только треніе твердыхъ тѣлъ способно возбудить тепло. Треніе жидкостей также обусловливаетъ появленіе тепла, какъ это впервые показалъ Робертъ Мейеръ, который нашелъ, что температура воды въ бутылкѣ, благодаря встряхиванію, поднялась съ 12 градусовъ на 13.

Извѣстно также, какое сильное нагрѣваніе происходитъ въ пневматическомъ огнивѣ. Огниво состоитъ изъ металлическаго цилиндра, замкнутаго съ одного конца; въ этомъ цилиндрѣ можетъ передвигаться взадъ и впередъ поршень, герметически запирающій просвѣтъ цилиндра. Если на нижней сторонѣ поршня прикрѣпить кусочекъ трута и быстро вдвинуть поршень въ наполненный воздухомъ цилиндръ, то, вслѣдствіе сжатія воздуха, температура повышается такъ сильно, что становится достаточно высокой для воспламененія трута.

Джоуль показалъ, что совершенно безразлично, какими тѣлами мы воспользуемся для возбужденія теплоты, твердыми, жидкими или газообразоыми; всегда придется затратить одно и то-же количество работы для полученія одной калоріи.

Для того, чтобы установить число, показывающее, сколько килограммометровъ соотвѣтствуетъ одной калоріи, Джоуль

произвелъ большое число чрезвычайно точныхъ опытовъ. Первые относящіеся сюда опыты его представляли лишь болѣе деликатное и совершенное видоизмѣненіе опытовъ Румфорда; онъ приводилъ въ движеніе два твердыхъ тѣла въ нѣкоторой жидкости (вода, затѣмъ ртуть) и опредѣлялъ происходящее вслѣдствіе тренія повышеніе температуры жидкости, количество которой было точно измѣрено. Изъ своихъ, чрезвычайно точно произведенныхъ опытовъ онъ получилъ, какъ среднее, число въ 425 килограммометровъ.

Это число 425 килограммометровъ, которое показываетъ, сколькимъ механическимъ единицамъ работы эквивалентна (равно велика) одна калорія, называется механическимъ эквивалентомъ тепла.

Но не только тепло можетъ порождаться работой, также и наоборотъ тепло можетъ производить работу, какъ мы это видимъ въ паровыхъ машинахъ и газовыхъ двигателяхъ. Предстояло слѣдовательно рѣшить и обратный вопросъ, сколько единицъ работы производитъ одна единица тепла. Отвѣтъ на этотъ вопросъ далъ инженеръ Гирнъ своими наблюденіями надъ паровыми машинами въ болѣе чѣмъ 100 лошадиныхъ силъ. Изъ вычисленій, сдѣланныхъ на основаніи его наблюденій и представляющихъ, какъ это и должно быть при такого рода наблюденіяхъ, въ отдѣльныхъ случаяхъ довольно большія отклоненія, оказалось, что одна единица количества теплоты въ среднемъ можетъ произвести 413 килограммометровъ работы. Это число отличается отъ числа, даннаго Джоулемъ, только на 2 процента; болѣе точные физическіе опыты дали число 424,5, такъ что мы теперь дѣйствительно въ правѣ высказать положеніе объ эквивалетности тепла и работы.

Это положеніе есть первый законъ новѣйшей механической теоріи теплоты и выражается слѣдующимъ образомъ:

Во всѣхъ случаяхъ, когда тепло переходитъ въ работу, затрачивается соотвѣтствующее произведенной работѣ количество теплоты, и наоборотъ, производя нѣкоторую работу, мы можемъ получить эквивалетное ей количество теплоты.

ГЛАВА X.

О различныхъ физическихъ состояніяхъ тѣлъ.

Характеристика различныхъ физическихъ состояній тѣлъ.—Объясненіе ихъ на основаніи новѣйшей теоріи теплоты.—Расширеніе тѣлъ подъ вліяніемъ теплоты.—Плавленіе и испареніе.—Что такое температура?—Испареніе и превращеніе въ паръ.—Упругость пара.—Зависимость температуры кипѣнія отъ давленія.

Теплота есть одна изъ формъ энергіи; это въ высшей степени важное положеніе установлено выше приведенными тщательными работами. Если мы предположимъ, что эта энергія состоитъ въ движеніи мельчайшихъ частей матеріи—за исключеніемъ лучистой теплоты, о которой будетъ говориться ниже,—то такое представленіе поможетъ намъ уяснить себѣ причину различныхъ физическихъ состояній матеріи, наблюдаемыхъ нами въ природѣ. Мы знаемъ три такихъ состоянія: твердое, жидкое и газообразное, примѣрами которыхъ мы приведемъ желѣзо, воду и воздухъ.

Изъ ежедневнаго опыта мы знаемъ, въ чемъ состоитъ различіе физическихъ состояній тѣлъ; твердыя тѣла сопротивляются попыткѣ измѣнить ихъ форму, между тѣмъ какъ жидкія тотчасъ-же принимаютъ форму сосуда, въ который ихъ вливаютъ; наконецъ газообразныя тѣла обладаютъ свойствомъ свободно распространяться по всѣмъ направленіямъ безъ содѣйствія какой-либо посторонней силы, чего совершенно не могутъ жидкія тѣла. Вылитая вода растекается по столу только вслѣдствіе дѣйствія силы тяжести; еслибы не существовало тяжести, вода приняла-бы шарообразную форму, какъ капли; послѣднія сохраняютъ свою шарообразную форму потому, что притяженіе ихъ молекулъ между собою съ достаточной силой противодѣйствуетъ тяжести, стремящейся нарушить ихъ связь. Дальнѣйшія различія физическихъ состояній тѣлъ слѣдующія: газообразныя тѣла легко могутъ быть сжимаемы и вновь расширяются при уменьшающемся давленіи, между тѣмъ какъ твердыя и жидкія тѣла даже при самыхъ большихъ давленіяхъ допускаютъ лишь ничтожное сжатіе. При нагрѣваніи твердыя и жидкія тѣла измѣняютъ свой объемъ

лишь въ незначительной степени, тогда какъ газы расширяются при нагрѣваніи очень сильно.

Новѣйшее представленіе о сущности теплоты даетъ вполнѣ удовлетворительное объясненіе всѣхъ этихъ фактовъ. Явленіе расширенія тѣлъ при нагрѣваніи прямо вытекаетъ изъ этого, что теплота есть энергія движущихся молекулъ—при повышеніи температуры возрастаетъ и энергія молекулярнаго движенія. Изъ этого слѣдуетъ, что разстояніе между молекулами увеличивается. Разстояніе между молекулами, такимъ образомъ, зависитъ отъ двухъ формъ энергіи: молекулярнаго притяженія, стремящагося сдѣлать его безконечно малымъ, и энергіи молекулярнаго движенія, старающагося сдѣлать его безконечно большимъ. Съ повышеніемъ температуры каждая молекула увеличиваетъ свою скорость и потому требуетъ большаго пространства для своихъ колебаній; отсюда понятно увеличеніе объема всего тѣла. Въ твердомъ состояніи молекулярное движеніе таково, что молекулы совершаютъ колебаніе около нѣкоторыхъ положеній равновѣсія, никогда не покидая ихъ вполнѣ, если только въ дѣло не вмѣшиваются постороннія (внѣшнія) силы; такое движеніе можно назвать вибраціоннымъ (дражательнымъ). Въ жидкомъ состояніи сила, съ которой движутся молекулы, уже настолько велика, что можетъ преодолѣть притяженіе сосѣднихъ молекулъ, но она все еще недостаточна для того, чтобы вырвать отдѣльную молекулу изъ сферы притяженія остальныхъ молекулъ. Въ жидкихъ тѣлахъ, слѣдовательно, происходятъ движенія колебательное, вращательное и поступательное, которыя однако не обладаютъ достаточной силой для того, чтобы порвать связь между отдѣльными молекулами. Молекулы-же газа значительно удалены другъ отъ другъ (смотри выше главу, относящуюся сюда), и это прямо вытекаетъ изъ того, что жидкости при переходѣ въ газообразное состояніе чрезвычайно сильно увеличиваютъ свой объемъ, такъ напр. вода въ 1800 разъ. Молекулы газа поэтому являются вполнѣ независимыми другъ отъ друга, онѣ движутся по прямолинейнымъ путямъ, пока не натолкнутся на какую-нибудь твердую стѣнку, отъ которой онѣ отскакиваютъ какъ абсолютно эластичныя тѣла, или пока двѣ молекулы не столкнутся другъ съ другомъ.

Слѣдующая картина можетъ наглядно изобразить приведенныя соотношенія: въ кристаллическихъ образованіяхъ, напр. въ кристалликѣ поваренной соли (кубикъ), всѣ молекулы расположены въ строгомъ порядкѣ, какъ солдаты въ строю; каждое недѣлимое имѣетъ свое точно опредѣленное мѣсто и можетъ перемѣщаться лишь въ предѣлахъ очень ничтожнаго пространства. Молекулы аморфной (безформенной) массы (некристаллизованной) можно разсматривать какъ толпу людей, порядка въ ней нѣтъ, но въ то-же время никто не можетъ удалиться отъ своего сосѣда на сколько-нибудь значительное разстояніе, такъ какъ въ толпѣ слишкомъ тѣсно. Жидкость можно сравнить съ толпой не слишкомъ густой, не слишкомъ тѣсной, въ которой каждый ищетъ себѣ возможно больше простора. Каждый индивидуумъ можетъ добиться перемѣны своего мѣста, но только послѣ продолжительной толкотни и борьбы со своими сосѣдями. Наконецъ газъ можетъ быть разсматриваемъ какъ кучка людей, разбросанная на большомъ пространствѣ, въ которой всѣ бѣгутъ сломя голову, съ возможно большей быстротой. Представимъ себѣ, что люди, составляющіе толпу, слѣпы; въ такомъ случаѣ они будутъ бѣжать безразлично во всѣ стороны и по всѣмъ направленіямъ. Каждый бѣжитъ впередъ по прямой линіи, пока не наткнется на другого; тогда оба отскакиваютъ другъ отъ друга, поворачиваютъ назадъ и бѣгутъ опять по прямому направленію, пока вновь не наткнутся на какого-нибудь сосѣда или на стѣны того пространства, въ которомъ они заключены. Еслибы не существовало никакого препятствія ихъ движенію, они безостановочно бѣжали-бы по прямой линіи.

Если мы примемъ только-что разъясненное представленіе о сущности твердыхъ тѣлъ, жидкостей и газовъ за правильное и станемъ разсматривать теплоту какъ энергію движущихся молекулъ, то намъ легко удастся также объяснить тѣ измѣненія, которыя вызываются въ тѣлахъ теплотой.

Разсмотримъ сперва расширеніе тѣлъ, вызываемое повышеніемъ температуры. Если мы нагрѣемъ какое-нибудь твердое или жидкое тѣло, то увеличится быстрота колебаній его молекулъ и въ то-же время возрастетъ ампли-

туда ихъ, т. е. молекулы станутъ проходить болѣе длинные пути, прежде чѣмъ возвратиться въ свое первоначальное положеніе; поэтому для каждой молекулы послѣ нагрѣванія потребуется сравнительно большее пространство, а слѣдовательно увеличится и объемъ всего тѣла (о газахъ будетъ сказано далѣе). Но почему-же молекулы твердаго тѣла не разлетаются во всѣ стороны? Этому мѣшаетъ взаимное притяженіе, сдерживающее ихъ вмѣстѣ эластическими связями.

Вообще говоря, твердыя тѣла плавятся при нагрѣваніи, причемъ всегда происходитъ поглощеніе тепла. Это значитъ, что тѣло поглощаетъ часто очень значительное количество тепла, безъ замѣтнаго повышенія температуры; куда-же дѣвается это количество тепла? Оно идетъ на увеличеніе силы колебаній молекулъ, чѣмъ въ то-же время уменьшается ихъ взаимное притяженіе. Отсюда понятно, что связь между отдѣльными частями жидкости можетъ быть гораздо легче нарушена, чѣмъ въ твердомъ тѣлѣ; при этомъ необходимо замѣтить, что при разламываніи твердаго тѣла приходится заразъ отрывать громадныя количества молекулъ отъ ихъ сосѣдей молекулъ, тогда какъ молекулы жидкости, благодаря ихъ подвижности, могутъ быть отдѣлены другъ отъ друга по одиночкѣ.

Если мы станемъ сообщать тепло жидкости, то она превратится въ паръ. И въ этомъ процессѣ мы замѣчаемъ поглощеніе нѣкотораго количества теплоты, совершенно не вызывающаго повышенія температуры. Эта теплота затрачивается на преодолѣніе взаимнаго притяженія молекулъ и удаленіе ихъ другъ отъ друга на такое разстояніе, чтобы притяженіе одной молекулы къ другой стало безконечно малымъ. Въ моментъ столкновенія двухъ молекулъ это притяженіе, конечно, вновь проявится, но только на чрезвычайно короткій промежутокъ времени. Ударъ слишкомъ силенъ, онѣ отскакиваютъ другъ отъ друга и тотчасъ-же вновь выходятъ изъ сферы взаимнаго притяженія.

Не слѣдуетъ, конечно, думать, что всѣ молекулы имѣютъ одинаковую скорость; но, во всякомъ случаѣ, при всѣхъ теоретическихъ разсмотрѣніяхъ въ этой области, можно воспользоваться средней скоростью всѣхъ молекулъ; этимъ путемъ мы прійдемъ къ физическому опредѣленію темпе-

ратуры тѣла какъ средней кинетической энергіи его молекулъ. О безконечномъ разнообразіи скоростей молекулъ мы можемъ заключить уже на основаніи того соображенія, что, вслѣдствіе постоянныхъ столкиваній, однѣ молекулы должны получить большую скорость, другія-же меньшую.

То обстоятельство, что отдѣльныя молекулы одного и того-же тѣла имѣютъ различную скорость, даетъ намъ возможность объяснить очень многія химическія и физическія явленія. Если напр. необходимо извѣстное, опредѣленное состояніе для того, чтобы произвести какое-либо химическое или физическое дѣйствіе, то, вообще говоря, только часть молекулъ, именно тѣ, которыя обладаютъ наибольшими скоростями, будутъ въ состояіи произвести его, и нужно потратить не мало времени, пока всѣ молекулы, благодаря нагрѣванію, придутъ въ это состояніе. Какъ извѣстно, превращеніе жидкости въ пары происходитъ при всякой температурѣ: давленіе паровъ, т. е. давленіе, производимое парами на стѣнки сосуда, въ которомъ заключена жидкость, увеличивается съ повышеніемъ температуры. Вышеприведенное разсмотрѣніе сущности физическихъ состояній тѣлъ можетъ вполнѣ объяснить намъ то, что здѣсь происходитъ. Нѣкоторыя молекулы жидкости имѣютъ скорость, нѣсколько большую чѣмъ средняя скорость, которой опредѣляется температура тѣла, непосредственно познаваемая нашимъ чувствомъ; такія, быстрѣе другихъ движущіяся молекулы должны, достигнувъ поверхности жидкости, покинуть ее; если скорость ихъ была достаточно велика, чтобы вывести ихъ изъ сферы притяженія жидкости, то онѣ не возвратятся больше на поверхность ея, это значитъ, что часть жидкости испарится. Чѣмъ сильнѣе мы станемъ повышать температуру, тѣмъ больше будетъ число такихъ быстро движущихся молекулъ, тѣмъ быстрѣе, слѣдовательно, пойдетъ испареніе; для каждой жидкости существуетъ опредѣленная температура, при которой всѣ молекулы пріобрѣтаютъ настолько значительную скорость, что могутъ покидать поверхность жидкости; при этой температурѣ, называющейся точкой кипѣнія, мы уже не говоримъ болѣе объ испареніи, но о превращеніи въ паръ. Испареніе происходитъ и съ поверхности твердыхъ тѣлъ, хотя и въ очень ничтожныхъ размѣрахъ; пре-

краснѣйшій примѣръ улетучиванія твердыхъ тѣлъ представляютъ сильно пахучія вещества, напр. мускусъ, камфора, нафталинъ и многія другія.

Если мы заставимъ жидкость кипѣть въ замкнутомъ сосудѣ, какъ чтобы она постепенно превращалась въ паръ, то молекулы пара будутъ ударяться въ стѣнки сосуда и отскакивать отъ нихъ; нѣкоторыя изъ нихъ придутъ вновь въ соприкосновеніе съ поверхностью жидкости и будутъ удержаны ею. Молекулы, ударяясь въ стѣнки сосуда, производятъ давленіе; это давленіе достигаетъ при данной температурѣ наибольшей величины, если въ одно и тоже время столько-же молекулъ переходитъ въ газообразное состояніе, сколько ихъ изъ газообразнаго состоянія вновь возвращается въ жидкость. Слѣдовательно устанавливается состояніе равновѣсія между молекулами, переходящими въ парообразное (газообразное) состояніе, и тѣми, которыя возвращаются въ состояніе жидкости. Число молекулъ, находящихся въ парообразномъ состояніи, остается постояннымъ, а потому не измѣняется и давленіе пара.

Изъ всего сказаннаго непосредственно слѣдуетъ, что, чѣмъ меньше давленіе, испытываемое жидкостью, тѣмъ ниже температура, при которой жидкость переходитъ въ пары. Высказанное нами представленіе о сущности теплоты и о строеніи матеріи дѣлаетъ для насъ понятнымъ, почему точка кипѣнія жидкости понижается при уменьшеніи давленія и повышается при увеличеніи его. Если твердое или жидкое тѣло находится въ соприкосновеніи съ воздухомъ при обыкновенномъ атмосферномъ давленіи, то многія изъ молекулъ, отдѣляющихся отъ поверхности жидкости, будутъ отброшены обратно молекулами воздуха, съ которыми онѣ сталкиваются. Если мы удалимъ молекулы воздуха, то тѣ молекулы жидкости или твердаго тѣла, которыя уже достигли такой скорости, что могутъ перейти въ парообразное состояніе, встрѣтятъ меньше препятствій при своемъ удаленіи отъ поверхности. Но только наиболѣе быстро движущіяся молекулы, т. е. тѣ, которыя обладаютъ самой высокой температурой, переходятъ въ парообразное состояніе. Если онѣ навсегда покинутъ жидкость и не возвратятся уже болѣе къ ней, то въ жидкости останутся только наиболѣе медленно движущіяся молекулы,—слѣдовательно тем-

пература жидкости должна упасть. Удаляя быстро движущіяся молекулы, какъ только онѣ покинутъ поверхность жидкости, выкачиваніемъ воздушнымъ насосомъ, мы можемъ настолько понизить температуру воды, что она замерзнетъ; на этомъ основано искусственное приготовленіе льда.

ГЛАВА XI.

О второмъ законѣ механической теоріи теплоты.

I.

Круговой процессъ Карно.—Обратимая машина Карно.—Изображеніе кругового процесса.

Мы признали теплоту за одну изъ формъ энергіи и показали, что единицѣ количества теплоты всегда соотвѣтствуетъ опредѣленное количество работы. Этотъ первый законъ механической теоріи теплоты повидимому теряетъ свое значеніе, лишь только мы каснемся вопроса о томъ, какъ въ дѣйствительности происходитъ превращеніе теплоты въ работу; опытъ учитъ насъ, что даже въ самыхъ совершенныхъ паровыхъ машинахъ едва-ли даже четверть всей затраченной теплоты превращается въ полезную форму энергіи, т. е. въ кинетическую энергію; сообразно съ этимъ, каждая калорія, полученная сожиганіемъ горючаго матеріала, даетъ намъ не 425 килограммометровъ работы, какъ слѣдовало-бы предположить на основаніи перваго закона, но самое бо́льшее 108 килограммометровъ. Теперь мы должны показать, что этотъ фактъ, извѣстный намъ изъ опыта, ни въ какомъ случаѣ не стоитъ въ противорѣчіе съ первымъ закономъ механической теоріи теплоты, что онъ обусловливается другими отношеніями, научное сопоставленіе которыхъ привело къ установленію такъ называемаго второго закона механической теоріи.

Вполнѣ правильный путь для разрѣшенія этого вопроса впервые указалъ Сади Карно; хотя его „Размышленія о движущей силѣ огня“ (1824) и построены на ученіи о матеріальной природѣ теплоты, несмотря на то они имѣли чрезвычайно важное, коренное значеніе для ученія о те-

плотѣ, такъ какъ достаточно было ничтожныхъ измѣненій для того, чтобы привести ходъ его мыслей въ согласіе съ представленіемъ о теплотѣ, какъ о формѣ энергіи. Нашей задачей является не историческое изображеніе развитія науки, а лишь изложеніе ея теоріи, поэтому мы постараемся разъяснить идеи Карно въ формѣ, вполнѣ соотвѣтствующей новѣйшимъ воззрѣніямъ на сущность теплоты.

Двѣ великія идеи, получившія столь громадное значеніе для науки и техники,—идея кругового процесса и вытекающая изъ нея идея обратимаго кругового процесса унаслѣдованы нами отъ Карно, который положилъ ихъ въ основаніе своихъ разсужденій.

Если мы желаемъ получить понятіе о работѣ какой-нибудь машины, работающей тепломъ (будетъ-ли то паровая или газовая машина), то намъ слѣдуетъ представить себѣ цѣлый рядъ операцій, совершающихся такимъ образомъ, что водяной паръ или газъ по окончаніи всего этого ряда операцій приходитъ какъ разъ въ то-же состояніе, въ которомъ онъ (или вообще всякое работающее тѣло) находился до начала этихъ операцій Этотъ рядъ операцій и есть то, что Карно называетъ круговымъ процессомъ; онъ говоритъ, что только по окончаніи всего кругового процесса мы въ правѣ дѣлать заключенія и высказывать сужденія объ отношеніи работы, совершенной машиной, къ тому количеству тепла, которое пришлось затратить для этой цѣли. Если мы просто возьмемъ, какъ это дѣлалось даже и послѣ Карно, какое-нибудь количество пара или газа и заставимъ его расширяться, причемъ паръ или газъ будетъ затрачивать теплоту и производить работу, то по Карно мы не въ правѣ будемъ заключить, что исчезнувшее количество тепла есть эквивалентъ полученной работы; вѣдь въ концѣ операціи работающее тѣло находится, въ отношеніи давленія и температуры, въ совершенно другомъ состояніи, чѣмъ въ началѣ операціи, и потому нѣтъ никакой возможности узнать, заключаетъ-ли оно въ концѣ такое-же количество энергіи, какъ и въ началѣ. Въ этомъ случаѣ мы также не въ правѣ сравнивать количество теплоты, исчезнувшее во время процесса, съ произведенною работой, такъ какъ мы не можемъ быть увѣрены въ томъ,

что она не затрачена отчасти въ самомъ работающемъ тѣлѣ. Если-же мы какой-либо одной операціей или цѣлымъ рядомъ ихъ возвратимъ работающее тѣло въ его первоначальное состояніе, то въ такомъ случаѣ мы въ правѣ будемъ утверждать, что работающее тѣло содержитъ какъ разъ то-же количество энергіи, какъ и раньше, до начала процесса, такъ какъ оно вѣдь возвратилось въ свое первоначальное состояніе; тогда мы будемъ въ правѣ дѣлать тоже заключеніе о всѣхъ тѣхъ процессахъ, которые во время операцій происходили внѣ тѣла—хотя и при его посредствѣ,—и опредѣлять условія ихъ эквивалентности.

Вторая великая заслуга Карно состоитъ въ томъ, что онъ установилъ понятіе объ обратимой машинѣ,—обратимой не только въ томъ ближайшемъ техническомъ смыслѣ, что всѣ части ея могутъ двигаться и въ обратномъ направленіи, но обратимой главнымъ образомъ въ томъ смыслѣ, что она не только, какъ всѣ паровыя и газовыя машины, потребляетъ тепло, сообщаемое ей, и переводитъ его въ работу, но также въ состояніи пройти весь круговой процессъ, общая идея котораго только что была изложена, и въ обратномъ смыслѣ; она, слѣдовательно, можетъ воспринять сперва работу и взамѣнъ ея перевести теплоту отъ того мѣста, къ которому она стремится въ обыкновенномъ процессѣ, т. е. отъ конденсатора, къ тому мѣсту, отъ котораго она обыкновенно исходитъ, т. е. къ паровому котлу. Въ данномъ случаѣ, слѣдовательно, подразумѣвается полное обращеніе всего процесса, а не только перемѣна направленія, въ которомъ движутся части машины. Это понятіе обратимой машины Карно ввелъ въ теорію теплоты, и онъ же представилъ прочія доказательства того, что обратимая машина является въ то-же время наиболѣе совершенной, т. е. что нѣтъ возможности соорудить болѣе совершенную машину, чѣмъ въ вышеизложенномъ смыслѣ обратимая машина; слѣдовательно невозможно построить машину, въ которой отношеніе между затраченной теплотой и полученной работой было-бы болѣе выгодно, чѣмъ въ обратимой машинѣ. Изъ нижеслѣдующихъ разсмотрѣній намъ станетъ ясно, что обратимая машина не осуществима на практикѣ, такъ что всѣ паровыя и газовыя машины должны стоять несравненно ниже обратимой машины. Но какъ Карно, такъ

и намъ нѣтъ дѣла до практическаго осуществленія обратимой машины.

Тотъ принципъ, что обратимая машина есть въ то-же время и наиболѣе совершенная, представляется для насъ—предполагая, что намъ удалось вполнѣ обосновать его—чрезвычайно важнымъ, такъ какъ условія обратимости, какъ будетъ показано ниже, могутъ быть опредѣлены совершенно независимо отъ того тѣла, которое совершаетъ работу въ нашей машинѣ. Этотъ принципъ, слѣдовательно, позволяетъ намъ не ограничиваться только паромъ или какимъ-либо газомъ, или вообще какимъ-нибудь другимъ тѣломъ, совершающимъ работу; мы получаемъ такимъ образомъ возможность высказывать наши заключенія не только для той особенной машины, которая послужила для этого вывода, но вообще для условій, при которыхъ работаетъ всякая машина. На основаніи этого принципа всѣ совершенныя, т. е. обратимыя машины должны совершать одно и то-же количество работы съ совершенно одинаковой затратой тепла (такъ какъ ни одна обратимая машина не можетъ работать болѣе или менѣе экономно, чѣмъ другая), при томъ предположеніи, что ихъ котлы и конденсаторы имѣютъ одинаковыя температуры; благодаря этому мы получаемъ также возможность опредѣлить зависимость между всѣмъ количествомъ теплоты, поступившимъ въ машину, и той частью его, которая въ лучшемъ случаѣ можетъ превратиться въ работу; и притомъ совершенно независимо отъ особенностей машины, а единственно и исключительно въ зависимости отъ температуръ котла и конденсатора.

Вотъ въ общихъ чертахъ основныя идеи Карно; отмѣченные въ нашемъ очеркѣ пункты не слѣдуетъ опускать изъ виду при послѣдующемъ, болѣе подробномъ изложеніи разсужденій Карно, которыя представляютъ значительныя трудности для пониманія, нестолько по своей абстрактности и запутанности, сколько скорѣе благодаря особенной своеобразности хода мыслей.

Прежде чѣмъ перейти къ разъясненію первой идеи Карно, идеи кругового процесса, мы еще разъ обратимъ особенное вниманіе читателя на то, о чемъ уже вскользь было упомянуто выше: что обратимая машина Карно, послужившая основаніемъ для всѣхъ нижеизложенныхъ раз-

сужденій, есть идеалъ, который ни въ какомъ случаѣ не можетъ быть осуществленъ въ дѣйствительности; все устройство этой машины придумано для цѣлей объясненія и совершенно не предназначено служить практическимъ нуждамъ.

Эта машина состоитъ изъ слѣдующихъ частей:

1. Вещество, совершающее работу. Эту роль можетъ исполнять любое вещество, поддающееся такъ или иначе вліяніе теплоты. Но для того, чтобы дать вполнѣ опредѣленное представленіе о немъ, мы предположимъ, что это или какой-нибудь газъ, или паръ, или частью паръ, частью сгущенная (образовавшаяся вслѣдствіе сгущенія пара) вода одной и той-же температуры. Мы обозначимъ работающее вещество буквой D.

Работающее вещество заключено въ цилиндръ, замкнутый поршнемъ. (Этотъ цилиндъ, слѣдовательно, въ нашей машинѣ одновременно исполняетъ роль и парового котла). Хотя, какъ мы знаемъ изъ опыта, всѣ тѣла обладаютъ способностью проводить тепло, мы всетаки предположимъ, что стѣнки цилиндра и поршень обсолютные непроводники тепла; дно-же цилиндра должно абладать наисовершеннѣйшею теплопроводностью и притомъ настолько ничтожной теплоемкостью, что мы вполнѣ можемъ пренебречь, какъ совершенно незамѣтной величиной, количествомъ теплоты, потребнымъ для повышенія его температуры. На основаніи принятаго нами предположенія, обмѣнъ теплоты между работающимъ веществомъ и предметами, находящимися внѣ цилиндра, можетъ происходить только чрезъ проводящее теплоту дно цилиндра.

2. Нагрѣтое тѣло A, всегда сохраняющее свою температуру S.

3. Холодное тѣло B, постоянно пребывающее при температурѣ T.

S слѣдовательно больше T.

4. Подставка C, верхняя поверхность которой является совершеннымъ непроводникомъ тепла. Если мы помѣстимъ цилиндръ, у котораго только дно обладаетъ теплопроводностью, вмѣстѣ съ заключающимся въ немъ веществомъ D на эту подставку, то совершенно прекратимъ всякую передачу теплоты отъ вещества D, въ окружающую среду.

Круговой процессъ состоитъ изъ слѣдующихъ операцій:

Сперва поставимъ цилиндръ, заключающій вещество D, на тѣло B; при этомъ онъ пріобрѣтетъ низкую температуру T.

1-ая операція.—Мы помѣщаемъ цилиндръ съ веществомъ D на подставку B, чѣмъ уничтожается всякая возможность исчезанія теплоты въ окружающую среду, и сдавливаемъ поршнемъ вещество D, чтобы уменьшить занимаемый имъ объемъ. Этимъ сдавливаніемъ мы возбуждаемъ тепло; но такъ какъ при приведенныхъ условіяхъ теплота не можетъ исчезать въ окружающее пространство, то повышается температура вещества D. Мы продолжаемъ сжимать поршнемъ вещество D до тѣхъ поръ, пока оно не пріобрѣтетъ температуры S.

Въ этой операціи мы приложили извѣстную работу. Затраченную нами работу мы будемъ считать отрицательною величиной, запишемъ ее, такъ сказать, въ долгъ. Пусть ея обозначеніе будетъ—E_1.

2-ая операція.—Теперь помѣстимъ цилиндръ съ веществомъ D на тѣло A и предоставимъ поршень самому себѣ; давленіе вещества D станетъ приподнимать поршень, само же вещество D будетъ расширяться. Непосредственное дѣйствіе этого расширенія прямо противуположно тому, которое производится сжиманіемъ вещества; температура вещества D падаетъ; но, какъ только температура начинаетъ падать, тотчасъ-же наступаетъ передвиженіе теплоты отъ тѣла A чрезъ дно цилиндра, которое, какъ уже сказано, обладаетъ совершенной теплопроводностью, и происходитъ возмѣщеніе потраченнаго тепла, такъ что температура вещества D по прежнему остается равной S.

Въ теченіе этой операціи D совершаетъ работу, передвигая поршень вверхъ. Произведенная работа можетъ быть противупоставлена затраченной работѣ, какъ положительная величина. Обозначеніе ея пусть будетъ $+E_2$.

Въ то-же самое время нѣкоторое количество теплоты, которое мы назовемъ H, перешло отъ нагрѣтаго тѣла A къ веществу D.

3-ая операція. — Поставимъ цилиндръ съ веществомъ D вновь на непроводящую тепла подставку C и предоставимъ поршню подниматься еще далѣе вверхъ. Теперь, такъ

какъ вещество D не получаетъ уже болѣе тепла со стороны, вслѣдствіе расширенія произойдетъ паденіе температуры. Эту операцію мы прекратимъ, когда вещество D пріобрѣтетъ температуру T холоднаго тѣла B.

Въ теченіе этой операціи вощество D вновь совершило нѣкоторую работу; эту работу, слѣдовательно, должно считать положительной, и мы обозначимъ ее чрезъ + E.

4-ая Операція.—Цилиндръ съ веществомъ D, которое имѣетъ теперь температу T, помѣщается на тѣло P, находящееся при той-же температурѣ. Что бы привести вещество D къ его первоначальному объему, нужно теперь опустить поршень. Тотчасъ-же начинается повышеніе температуры вещества D, вслѣдствіе чего наступаетъ передвиженіе теплоты къ тѣлу B. Послѣдствіемъ этого является то, что вещество D остается при температурѣ тѣла B, т. е. при температурѣ T. Если мы настолько сжали вещество D, что оно теперь занимаетъ такое-же пространство, какъ и въ началѣ 4-ой операціи, то оно должно находиться въ томъ-же состояніи, какъ и въ началѣ; такъ какъ давленіе зависитъ только отъ занимаемаго объема и температуры, то оно и должно быть равнымъ первоначальному давленію, а слѣдовательно установлено полное равенство давленія, температуры и занимаемаго пространства. На этомъ заканчивается круговой процессъ.

Въ теченіе четвертой операціи намъ пришлось затратить работу. Эту работу, слѣдовательно, должно считать отрицательной, и мы обозначаемъ ее чрезъ $-E_4$.

Въ то-же время, однако, нѣкоторое количество теплоты, которое мы назовемъ h, покинуло вещество D и перешло къ холодному тѣлу B.

Общая сумма работы, произведенной въ теченіе всего кругового процесса, равна $-E_1+E_2+E_3-E_4$. Эта сумма величина положительная, и мы назовемъ ее просто E. Что въ результатѣ получается нѣкоторый избытокъ совершенной машиной работы надъ той, которая была на нее затрачена, легко будетъ понято нами, если мы разберемъ какой-нибудь частный случай. Положимъ, что движеніемъ поршня вверхъ мы воспользовались для поднятія грузовъ; поднятіе происходитъ при высокой температурѣ S. Опускается-

же поршень при болѣе низкой температурѣ T, которой конечно соотвѣтствуетъ и болѣе низкое давленіе, чѣмъ давленіе при температурѣ S. Поэтому достаточно будетъ и части поднятаго груза для того, чтобы произвести работу сжиманія и закончить круговой процессъ, такъ что въ концѣ концовъ получится нѣкоторый избытокъ совершенной работы.

Но въ теченіе кругового процесса происходила также и передача теплоты.—Передача теплоты имѣла мѣсто только въ теченіе второй и четвертой операцій, такъ какъ въ первой и третьей теплота была совершенно изолирована непроводящей подставкой C.

Въ теченіе второй операціи количество теплоты H переходитъ отъ горячаго тѣла A къ веществу D при болѣе высокой температурѣ S, въ теченіе четвертой операціи количество теплоты h покидаетъ вещество D и поглащается холоднымъ тѣломъ B при болѣе низкой температурѣ T.

По окончаніи кругового процесса вещество D находится въ совершенно такомъ-же состояніи, какъ и въ началѣ его.

Физическій результатъ, получившійся по окончаніи всего кругового процесса, въ общемъ, слѣдующій:

1. Нѣкоторое количество теплоты H заимствовано у тѣла A при температурѣ S.

2. Нѣкоторое количество работы E совершено веществомъ D.

3. Нѣкоторое количество теплоты h отдано тѣлу B при температурѣ T.

Необходимо замѣтить, что температура S выше температуры T.

II.

Слѣдствія кругового процесса.—Perpetuum mobile и его невозможность.—Обратимая машина и второй законъ.

Задача, предстоящая намъ теперь, состоитъ въ томъ, чтобы вывести тѣ чрезвычайно важныя для всей физики слѣдствія, которыя вытекаютъ изъ результатовъ кругового процесса.

Процессъ, приведенный нами, есть круговой процессъ; поэтому мы въ правѣ (разсужденія, касающіяся этого, смотри въ предшествующей главѣ) сравнивать произведенную машиной работу съ исчезнувшимъ количествомъ теплоты. Но дѣйствительно-ли машина потеряла нѣкоторое количество теплоты? Этотъ вопросъ совершенно тождественъ съ вопросомъ о томъ, больше-ли количество теплоты H количества теплоты h. Это мы и постараемся прежде всего изслѣдовать.

Карно полагалъ, что теплота есть вещество; поэтому онъ долженъ былъ принять, согласно закону сохраненія матеріи, что количество H равно количеству h. Откуда-же берется совершенная машиной работа E?

Карно указываетъ на то, что количества H и h, хотя и равновелики, но различны по свойствамъ, такъ какъ H находится при болѣе высокой температурѣ S, h при болѣе низкой T. Отсюда онъ заключаетъ, опираясь при этомъ на совершенно подобныя же отношенія механической энергіи, что произведенная работа совершилась на счетъ паденія температуры. При вращеніи водою мельничнаго колеса, изъ подъ колеса вытекаетъ какъ разъ столько-же воды, сколько ея притекаетъ къ колесу; количество воды осталось тѣмъ-же самымъ, но уровень ея понизился, съ болѣе высокаго мѣста она опустилась къ болѣе низкому. Слѣдовательно какъ вода, при паденіи съ высоты внизъ, производитъ работу, такъ точно и теплота, опускаясь съ болѣе высокой температуры до болѣе низкой, въ состояніи развить механическую энергію.

Прямые опыты Гирна, о которыхъ упоминалась уже ранѣе, показали, что количество h въ дѣйствительности меньше количества H. Такимъ образомъ круговой процессъ даетъ намъ еще одно подтвержденіе новѣйшихъ воззрѣній на теплоту, которыя разсматриваютъ ее не какъ вещество, а какъ энергію. Такъ какъ h меньше H, то слѣдовательно въ теченіе кругового процесса исчезло нѣкоторое количество теплоты H—h; это количество теплоты H—h превратилось въ нашей машинѣ въ работу; при этомъ, однако мы не должны упускать изъ виду того, что количество h опустилось съ температуры S до температуры T.

Количество теплоты H машина получила благодаря сожженію топлива. Круговой процессъ показываетъ намъ, что машина превращаетъ въ работу не все сообщенное ей количество теплоты H; этимъ уничтожается кажущееся противорѣчіе съ первымъ закономъ механической теоріи тепла. Работа, произведенная машиной, дѣйствительно эквивалентна потраченному количеству теплоты, какъ этого требуетъ первый законъ; но она во всякомъ случаѣ не эквивалентна всей теплотѣ, полученной машиной, какъ можно было-бы заключить на основаніи перваго закона при поверхностномъ обсужденіи.

Результаты нашихъ разсужденій представляются въ слѣдующемъ видѣ:

Даже въ самой совершенной машинѣ (машинѣ Карно) мы можемъ превратить только часть взятаго нами тепла (H) въ работу, именно часть H—h, и притомъ на счетъ другой части (h), такъ какъ эта часть опускается до болѣе низкой температуры.

Теперь намъ предстоитъ доказать, что машина Карно дѣйствительно должна считаться наиболѣе совершенной машиной.

Машина Карно обратима; круговой процессъ можетъ совершаться въ ней и въ обратномъ направленіи. Мы вкратцѣ приведемъ операціи обратнаго процесса: сперва мы помѣщаемъ D на болѣе теплое тѣло (A), но не позволяемъ поршню передвигаться вверхъ. Когда заключающееся въ цилиндрѣ, работающее вещество D приметъ температуру тѣла A, именно температуру S, мы снимаемъ D съ A, ставимъ его на непроводящую подставку C и предоставляемъ поршню полную свободу передвигаться вверхъ, пока D не охладится до температуры T болѣе холоднаго тѣла B. Послѣ этого мы ставимъ D на B и представляемъ поршню выдвигаться еще далѣе; въ этомъ случаѣ вещество, содержащееся въ цилиндрѣ, произведетъ работу, но въ то же время получитъ нѣкоторое количество теплоты отъ тѣла B. Когда поршнь дойдетъ до своего первоначальнаго, наиболѣе высокаго положенія, мы опять переставимъ D на непроводящую подставку C и опустимъ поршень настолько внизъ, насколько онъ поднялся вверхъ въ прямомъ процессѣ (изложенномъ въ предшествующей

главѣ) при 2-ой операціи. Въ концѣ концовъ мы ставимъ D на A и опускаемъ поршень до его первоначальнаго положенія. При послѣдней опираціи мы возвращаемъ тѣлу A какъ разъ то-же количество тепла, какое получено было отъ тѣла B; въ теченіе двухъ послѣднихъ операцій мы опускали поршень, слѣдовательно затрачивали работу, въ первыхъ-же двухъ операціяхъ поршень поднимался, слѣдовательно самъ производилъ работу; температура и давленіе при поднятіи поршня были ниже, чѣмъ при его опусканіи, поэтому затраченная работа больше произведенной. Результатъ обращенія машины сводится, слѣдовательно, къ слѣдующему: мы затратили работу E, въ то-же время количество теплоты h поднялось съ болѣе низкой температуры T до болѣе высокой температуры S.

Карно говорилъ далѣе: всякая обратимая машина (а этимъ свойствомъ обладаетъ его машина) въ состояніи произвести столько работы, сколько можетъ дать данное количество теплоты при данныхъ условіяхъ; слѣдовательно — независимо отъ того, изъ чего сдѣлана машина, и какое вещество въ ней совершаетъ работу—если мы извѣстное количество теплоты отъ одного источника тепла данной температуры проведемъ чрезъ обратимую машину и доведемъ до нѣкоторой другой, болѣе низкой температуры, то количество работы, которую мы въ состояніи получить изъ этого количества тепла, будетъ всегда абсолютно одно и то-же. Работающее вещество при этомъ не имѣетъ никакого значенія; всѣ обратимыя машины одинаково хороши, потому что каждая обратимая машина является совершенствомъ,—совершенствомъ не въ обыкновенномъ, а въ научномъ смыслѣ, значитъ она такъ хороша, какъ это только физически возможно сдѣлать.

Прежде чѣмъ приступить къ доказательствамъ, мы сдѣлаемъ небольшое отступленіе, которое посвятимъ разсужденіямъ, во многомъ сходнымъ съ примѣненнымъ нами доказательствомъ; эти разсужденія касаются такъ называемаго Perpetuum mobile

Мы знаемъ, что тѣло, падающее съ высоты h, можетъ произвести работу, въ точности равную той работѣ, которую мы должны затратить, чтобы поднять это тѣло на высоту h. При этомъ совершенно безразлично, по какому пути

тѣло проходитъ разстояніе отъ высшей точки до нисшей. Энергія, пріобрѣтаемая имъ въ концѣ паденія, всегда одна и та-же.

Предположимъ, что существуетъ два пути отъ высшей точки до нисшей и что на одномъ изъ нихъ (назовемъ его I-ымъ путемъ) тѣло пріобрѣтаетъ энергію (обозначимъ ее черезъ E), большую чѣмъ энергія e, которую тѣло получаетъ на II-омъ пути. Тогда намъ придется для возвращенія тѣла въ первоначальное положеніе по I-му пути затратить большую работу, именно E, чѣмъ для возвращенія его по II-му пути; въ послѣднемъ случаѣ намъ достаточно произвести меньшую работу e. Если-бъ это было возможно, то не представлялось-бы большихъ затрудненій устроить Perpetuum mobile, т. е. машину, безпредѣльно создающую изъ ничего работу.

Намъ стоило-бы только заставить тѣло падать по пути I-му, что дало-бы намъ энергію E, а затѣмъ возвращать его въ первоначальное положеніе по пути II-му, съ затратой значительно меньшей работы e; при этомъ e мы могли-бы получать изъ E. Тѣло пришло-бы вновь въ свое первоначальное положеніе, и такимъ образомъ нѣкоторое количество энергіи E—e создалось-бы изъ ничего.

Повторяя эту операцію любое число разъ, мы могли-бы въ дѣйствительности получить любое количество энергіи изъ ничего. Мы знаемъ однако, что, насколько хватаетъ нашъ опытъ, это совершенно невозможно. Чрезвычайно многочисленныя и въ высшей степени остроумныя попытки создать Perpetuum mobile, всѣ безъ исключенія, оканчивались полнѣйшей неудачей, и въ настоящее время можно съ опредѣленностью сказать, что каждый истинно научный экспериментъ, какія-бы формы энергіи ни лежали въ его основаніи, служилъ безусловнымъ доказательствомъ абсолютной недостижимости Perpetuum mobile.

Попробуемъ примѣнить тотъ-же способъ доказательства къ машинѣ Карно: если-бы возможна была болѣе совершенная машина чѣмъ обратимая, то мы могли-бы первую соединить съ послѣдней, болѣе совершенную мы заставили-бы производить работу E, а перешедшее при этомъ изъ котла въ конденсаторъ количество теплоты возвратили-бы изъ конденсатора въ котелъ при помощи обратимой машины,

съ затратой сравнительно меньшей работы e; тогда все пришло-бы въ свое первоначальное состояніе, а между тѣмъ мы все-таки выиграли-бы нѣкоторую энергію E—e. Такая двойная машина представляла-бы, слѣдовательно, Perpetuum mobile; но вѣчное движеніе невозможно, а вмѣстѣ съ тѣмъ невозможна и болѣе совершенная машина, чѣмъ машина обратимая.

Мы видимъ, что наше заключеніе основывается на невозможности Perpetuum mobile; такой выводъ долженъ, повидимому, представляться не вполнѣ безупречнымъ. Карно поэтому поводу замѣчаетъ: „Противъ этого, можетъ быть, возразятъ, что, если невозможность Perpetuum mobile и доказана для механическихъ дѣйствій, то вовсе не обязательно, чтобы это-же относилось и ко всѣмъ тѣмъ случаямъ, когда мы имѣемъ дѣло съ дѣйствіями тепла или электричества; но развѣ можно представить себѣ для явленій теплоты и электричества иную причину, какъ нѣкоторыя движенія тѣлъ, и развѣ не должны эти движенія подчиняться законамъ механики? Развѣ мы, впрочемъ, не знаемъ a posteriori (изъ опыта), что всѣ попытки тѣмъ или другимъ способомъ устроить Perpetuum mobile оставались безплодными? Что никогда не удавалось добиться осуществленія настоящаго Perpetuum mobile, т. е. такого движенія, которое продолжается безостановочно и безъ измѣненія взятыхъ тѣлъ“.

„Одно время считали электромоторный аппаратъ (столбикъ Вольта) способнымъ воспроизвести Perpetuum mobile; для осуществленія этой идеи старались приготовить сухіе столбики, которые признавались безусловно неизмѣняемыми. Но, чтобы ни дѣлали, какъ-бы ни поступали, въ концѣ концовъ всегда аппаратъ приходилъ въ замѣтное разрушеніе, если дѣйствіе его въ теченіе извѣстнаго времени поддерживалось съ нѣкоторой энергіей“.

„Общее и философское понятіе о Perpetuum mobile содержитъ въ себѣ не только представленіе движенія, продолжающагося послѣ перваго толчка до безконечности, но и дѣйствіе какого-либо приспособленія или сооруженія, способнаго въ безконечномъ количествѣ создавать движующую силу, способнаго привести въ движеніе всю совокупность тѣлъ природы, если-бы они находились въ покоѣ, и тѣмъ

совершенно уничтожить принципъ инертности, наконецъ способнаго въ себѣ самомъ черпать силы для того, чтобы весь міръ привести въ движеніе, поддерживать это движеніе и безпрерывно ускорять его".

„Это было-бы дѣйствительнымъ сотвореніемъ движущей силы. Но еслибъ такое безконечное черпаніе движущей силы изъ ничего было дѣйствительно возможнымъ, намъ не за чѣмъ было-бы искать этой силы въ теченіяхъ воды и воздуха, въ горючихъ матеріалахъ; мы обладали-бы неизсякаемымъ источникомъ силы, изъ котораго могли-бы черпать по произволенію".

Повидимому и Карно, какъ слѣдуетъ изъ приведеннаго нами отрывка, разсматривалъ теплоту какъ родъ движеніе; но онъ не рѣшился положить это воззрѣніе, представлявшееся ему еще недостаточно доказаннымъ съ экспериментальной стороны, въ основаніе своихъ изслѣдованій. Впрочемъ, какъ уже было упомянуто ранѣе, его разсужденія могутъ быть легко согласованы съ новѣйшимъ воззрѣніемъ на теплоту—что впервые выполнилъ Клаузіусъ въ 1850 г.— и потому мы постараемся теперь примѣнить вышеизложенный способъ доказательства къ круговому процессу, при свѣтѣ новѣйшихъ воззрѣній.

Положимъ, что возможно соорудить машину, болѣе совершенную, чѣмъ обратимая машина. Мы соединимъ ее опять съ обратимой и заставимъ ихъ, какъ и ранѣе, работать вмѣстѣ; при этомъ обратимая машина будетъ постоянно возвращать въ котелъ какъ разъ столько теплоты, сколько поглощаетъ изъ него другая машина. Такъ какъ въ нашей комбинаціи обратимая машина является менѣе совершенной, то работа, затрачиваемая на ней при переведеніи теплоты обратно въ котелъ, должна быть меньше той, которую произведетъ болѣе совершенная машина при передвиженіи теплоты изъ котла въ холодильники. Слѣдовательно, потеря тепла въ котлѣ, вызываемая болѣе совершенной машиной, будетъ постоянно возстанавляться менѣе совершенной, обратимой машиной; кромѣ того мы всегда будемъ выгадывать нѣкоторый излишекъ работы. Въ этомъ и заключается все затрудненіе. Несомнѣнно только, что соединенныя другъ съ другомъ машины будутъ производить работу.

Одна машина переводитъ извѣстное количество теплоты къ холодильнику; другая машина, наоборотъ, выкачиваетъ теплоту изъ холодильника и переводитъ обратно въ котелъ какъ разъ столько теплоты, сколько изъ него взято было въ первомъ случаѣ. Какимъ-же образомъ, спрашивается, эта двойная машина производитъ работу; вѣдь теплота, какъ мы знаемъ, не есть вещество? Тутъ возможно только одно объясненіе, именно то, которое основывается на превращеніи теплоты въ работу; котелъ въ нашей двойной машинѣ не теряетъ нисколько теплоты, поэтому расходуемое количество теплоты можетъ получаться только изъ холодильника, такъ какъ другого источника тепла у насъ нѣтъ. Слѣдовательно, если существуетъ машина болѣе совершенная, чѣмъ обратимая, то при совмѣстномъ дѣйствіи обѣихъ машинъ—причемъ обратимая машина доставляетъ котлу какъ разъ столько тепла, сколько у него отнимаетъ болѣе совершенная машина—избытокъ работы получается только насчетъ постояннаго охлажденія холодильника. Такимъ образомъ мы приходимъ къ тому результату, что, если мы сдѣлаемъ холодильникомъ двойной машины какое-нибудь конечное, ограниченное тѣло, мы въ состояніи будемъ постоянно черпать изъ этого тѣла работу, охлаждая его все болѣе и болѣе, пока не отнимемъ всей теплоты, заключавшейся въ немъ. Можно съ увѣренностью сказать, что это невозможно, а слѣдовательно неправильно и то предположеніе, которое привело насъ къ этому выводу, именно предположеніе, что существуетъ машина болѣе совершенная, чѣмъ обратимая машина. Это положеніе и есть второй законъ механической теоріи теплоты. Онъ сводится къ тому положенію, что теплота не можетъ сама собою, безъ участія постороннихъ силъ, переходить отъ болѣе холоднаго тѣла къ болѣе теплому: такъ формулируетъ этотъ законъ Клаузіусъ.

ГЛАВА XII.

О законѣ сохраненія энергіи.

Пониженіе полезности энергіи.—Относящійся сюда опытъ Джоуля.—Принципъ разсѣянія энергіи.—Законъ сохраненія энергіи.—Еще разъ perpetuum mobile.—Источникъ солнечной энергіи.

Круговой процессъ Карно приводитъ насъ къ дальнѣйшимъ выводамъ, которые, въ примѣненіи ихъ ко все-

ленной, даютъ намъ возможность понять ея возникновеніе, жизнь и условія прекращенія ея жизни. Идеи, которыми мы обогатились благодаря обратимой машинѣ, настолько широки и всеобъемлющи, что простираютъ свое значеніе далеко за предѣлы этой машины—прекрасный примѣръ того, какъ универсальный законъ, управляющій движеніями космоса, впервые былъ сознанъ человѣческимъ умомъ на явленіяхъ сравнительно ничтожныхъ размѣровъ.

Такія механическія приспособленія, какъ рычагъ или наклонная плоскость, къ которымъ сводятся всѣ остальныя нѣсколько болѣе сложныя приспособленія, каковы—блокъ, воротъ, клинъ и винтъ, мы называемымъ простыми машинами. Назначеніе ихъ состоитъ въ томъ, чтобы видоизмѣнять дѣйствія различныхъ механическихъ силъ сообразно нашимъ спеціальнымъ цѣлямъ. То-же самое относится и къ болѣе сложнымъ механическимъ сприспособленіямъ самыхъ разнообразныхъ видовъ. Совершенно другого рода значеніе имѣютъ тепловыя машины, будутъ-ли то паровыя или газовыя машины: онѣ представляютъ приспособленія, способствующія превращенію, трансформаціи энергіи: энергія дается въ формѣ теплоты: машина трансформируетъ ее въ кинетическую энергію, которая при помощи особыхъ, соединенныхъ съ тепловой машиной механическихъ приспособленій можетъ быть использована для производства работы.

Въ механическихъ приспособленіяхъ мы получаемъ обратно всю энергію, расходуемую нами,—въ тепловой машинѣ трансформація никогда не можетъ быть полной, какъ мы знаемъ на основаніи кругового процесса, а также второго закона механической теоріи теплоты. Первый законъ учитъ насъ, что каждое данное количество теплоты всегда равно извѣстному количеству механической энергіи, каковы бы ни были температура и остальныя свойства тѣла, являющагося носителемъ этой теплоты: иначе говоря, данное количество теплоты независимо отъ температуры, эквивалентно опредѣленной работѣ. Поэтому въ отношеніи количества совершенно безразлично, имѣемъ-ли мы 1000 килограммометровъ энергіи въ формѣ механической энергіи или въ формѣ теплоты: но совсѣмъ не безразлично въ отношеніи полезности этого количества энергіи; 1000 килограммо-

метровъ механической энергіи могутъ произвести 1000 килограммометровъ работы; совсѣмъ не то, если тѣ-же 1000 килограммометровъ находятся у насъ въ формѣ тепла (нѣсколько болѣе $2^1/_3$ калорій); даже самая совершенная машина, машина Карно, можетъ превратить только нѣкоторую долю этихъ 1000 килограммометровъ въ работу. Слѣдовательно въ отношеніи полезности мы должны удѣлить механической энергіи несравненно болѣе высокое мѣсто, чѣмъ теплотѣ: сообразно съ этимъ, мы говоримъ, что механическая энергія есть болѣе высокая форма энергіи, тогда какъ теплота должна считаться болѣе низкой формой энергіи.

Второй законъ механической теоріи учитъ насъ далѣе, что полезность теплоты зависитъ отъ температуры, при которой она находится. Для того, чтобы одна часть даннаго количества теплоты превратилась въ работу, остальная часть ея должна понизить свою температуру. Само собою понятно, что это пониженіе температуры можетъ продолжаться тѣмъ дольше, чѣмъ выше была первоначальная температура. Слѣдовательно, полезность теплоты, находящейся при болѣе высокой температурѣ, должна считаться болѣе значительной, чѣмъ теплоты, стоящей на низкой температурѣ. Во время работы машины одна часть теплоты превращается въ работу, другая-же часть, какъ мы теперь въ правѣ сказать, утрачиваетъ или понижаетъ свою полезность; эта часть теплоты и теперь еще остается эквивалентной тому-же количеству работы, какъ и раньше, но она не можетъ уже быть превращена въ полезную работу; для того, чтобы вызвать такое превращеніе, намъ пришлось-бы соорудить новую машину, холодильникъ которой имѣлъ-бы еще болѣе низкую температуру, чѣмъ холодильникъ первой машины, что совершенно недостижимо на практикѣ. Слѣдовательно эта часть теплоты, хотя она и имѣетъ тотъ-же эквивалентъ теплоты, какъ и первая часть, далеко не такъ полезна, какъ эта послѣдняя, такъ какъ у насъ нѣтъ средствъ трансформировать ее. Она, такъ сказать, утратила свой рангъ, свою степень; даже и въ самой совершенной машинѣ имѣетъ мѣсто такая деградація (утрата полезности, обезцѣненія).

Для того, чтобы разъяснить причины, обусловливающія

такую деградацію, мы разсмотримъ одинъ произведенный Джоулемъ опытъ, хотя въ этомъ, опытѣ теплота и не играетъ активной роли.

Джоуль взялъ толстостѣнный сосудъ, наполненный сжатымъ воздухомъ, и соединилъ его трубкой, замкнутой краномъ, съ другимъ сосудомъ, совершенно одинаковой съ первымъ величины, изъ котораго однако предварительно былъ выкаченъ весь воздухъ. Каждый изъ этихъ сосудовъ онъ погрузилъ въ резервуаръ съ водой; вода въ обоихъ резервуарахъ имѣла одинаковую температуру.

Затѣмъ онъ быстро открывалъ кранъ соединительной трубки, послѣ чего сжатый воздухъ съ силой начиналъ устремляться въ пустой сосудъ. Истеченіе воздуха продолжалось до тѣхъ поръ, пока давленіе въ обоихъ сосудахъ не становилось одинаковымъ. При изслѣдованіи температуры воды въ обоихъ резервуарахъ оказалось, какъ уже и ранѣе можно было ожидать, что температура воды, въ которую былъ погруженъ сосудъ съ сжатымъ воздухомъ, понизилась. Температура воды въ другомъ резервуарѣ напротивъ того поднялась. Объясненіе этого слѣдующее: въ одной изъ предшествующихъ главъ я уже разъяснилъ, что температура тѣла есть ничто иное, какъ средняя кинетическая энергія его молекулъ; какъ только мы откроемъ кранъ соединительной трубки, сжатый воздухъ тотчасъ-же начинаетъ затрачивать часть своей энергіи на передвиженіе воздуха, содержащагося въ первомъ сосудѣ, во второй сосудъ. Вслѣдствіе этого температура понижается, а вмѣстѣ съ тѣмъ падаетъ и температура окружающей воды. При передвиженіи изъ одного сосуда въ другой воздухъ не совершаетъ никакой работы; частицы его ударяются въ стѣнки второго сосуда и такимъ способомъ передаютъ имъ нѣкоторое количество энергіи, а именно (такъ какъ при передвиженіи траты энергіи не происходило), все то количество энергіи, которое было затрачено въ первомъ сосудѣ на ихъ передвиженіе; это значитъ другими словами, что второй сосудъ пріобрѣтаетъ какъ разъ столько теплоты, сколько ея теряетъ первый. Это предположеніе было вполнѣ подтверждено измѣреніями Джоуля.

Затѣмъ Джоуль повторилъ опытъ, сдѣлавъ въ немъ слѣдующее измѣненіе: вмѣсто двухъ резервуаровъ съ во-

дой онъ взялъ всего одинъ, въ которомъ и помѣстилъ оба сосуда рядомъ. Предоставляя, какъ и въ предшествовавшемъ случаѣ, одной части воздуха переходить изъ перваго сосуда во второй, изъ котораго предварительно былъ выкаченъ воздухъ, онъ не замѣчалъ, по окончаніи опыта, никакого измѣненія температуры окружающей воды; температура оставалась на той-же точкѣ, на какой она была до начала опыта. Этотъ опытъ, въ своихъ двухъ видоизмѣненіяхъ, съ очевидностью доказываетъ, что при данныхъ условіяхъ не происходитъ ни малѣйшей потери даже самаго ничтожнаго количества энергіи; воздухъ содержалъ до начала опыта и послѣ окончанія его совершенно одинаковое количество энергіи; тѣмъ не менѣе мы замѣтимъ громадное различіе, если станемъ сравнивать полезность этого количества энергіи до и послѣ производства опыта.

Сжатый воздухъ первоначально обладалъ нѣкоторой способностью производить работу. При посредствѣ его мы могли-бы привести въ движеніе какую-нибудь машину или выстрѣлить изъ духового ружья, или вообще совершить что-нибудь подобное. Но такъ какъ объемъ воздуха по окончаніи опыта увеличился вдвое по сравненіи съ первоначальнымъ его объемомъ, то запасъ полезной работоспособности воздуха, конечно, не могъ остаться такимъ-же, какимъ онъ былъ первоначально. Произошло, слѣдовательно, разсѣяніе (диссипація) первоначально заключавшейся въ воздухѣ энергіи или нѣкоторой части ея, хотя количество ея при этомъ совершенно не уменьшилось. (Это вполнѣ аналогично тому, какъ если-бы мы смѣшали литръ вина съ литромъ воды; при этомъ мы не теряемъ ни капли вина, и все таки оно совершенно утрачиваетъ свои первоначальныя свойства).

Потери энергіи совершенно не произошло; сколько одинъ сосудъ утратилъ тепла, столько другой сосудъ получилъ его; не было передачи тепла внѣшнимъ предметамъ и не производилось никакой полезной работы. Воздуху предоставлено было свободно расширяться, мѣнять свой объемъ; при этомъ его не заставляли приводить въ движеніе поршень или вообще какой-либо другой механизмъ, при посредствѣ котораго можно было-бы производить внѣшнюю работу. Поэтому воздухъ послѣ опыта содержалъ совер-

шенно такое-же количество энергіи, какъ и первоначально, и всетаки по окончаніи опыта только нѣкоторая часть его первоначальной энергіи сохранила свою полезность. Воздухъ тотчасъ же воспользовался предоставленной ему возможностью деградировать часть своей энергіи и совершилъ это, насколько позволяли условія опыта.

Для того, чтобы сообщить энергіи воздуха прежнюю полезность, чтобы возвратить воздухъ въ его первоначальное состояніе, въ которомъ онъ могъ произвести нѣкоторую опредѣленную работу, намъ пришлось-бы затратить нѣкоторую работу. Количество воздуха, перешедшее во второй сосудъ, намъ необходимо вернуть въ первый сосудъ; работа, затрачиваемая нами на это, полностью переходитъ въ тепло; это въ высшей степени замѣчательно; затраченная нами для переведенія воздуха изъ второго сосуда въ первый, энергія не исчезла, а только перешла въ болѣе низкую форму энергіи, въ теплоту.

Подобные-же факты извѣстны и во всѣхъ другихъ отрасляхъ физики и съ очевидностью доказываютъ, что полезная энергія при всякой трансформаціи (превращеніи) стремится перейти въ болѣе низкую форму энергіи. При неизмѣняющемся количествѣ ухудшается качество и уменьшается полезность. Эти факты привели къ установленію закона диссипаціи (разсѣянія) или деградаціи (обезцѣненія) энергіи, который впервые былъ открытъ Вильямомъ Томсономъ; этотъ-же ученый сдѣлалъ въ высшей степени интересные выводы изъ этого закона.

Прежде чѣмъ перейти къ разсмотрѣнію выведенныхъ Томсономъ слѣдствій, мы скажемъ еще нѣсколько словъ по поводу того доказательства, которымъ мы пользовались при выводѣ второго закона механической теоріи тепла. Мы обосновали второй законъ на невозможности Perpetuum mobile. Это положеніе мы старались доказать экспериментально, т. е. на опытѣ, что намъ дѣйствительно вполнѣ и удалось. Несмотря на то, такой способъ не оставляетъ впечатлѣнія полной удовлетворенности, какъ слѣдовало-бы ожидать; основаніе этого заключается въ томъ, что выраженіе „Perpetuum mobile невозможенъ“ тождественно съ признаніемъ установленнаго въ области механики закона сохраненія энергіи общимъ закономъ природы. Невозмож-

ность perpetuum mobile обозначаетъ слѣдующее: сумма энергіи всего міра есть величина постоянная. Количество ея не можетъ ни уменьшиться, ни увеличиться; но въ то-же время постоянно происходятъ различныя превращенія ея. Этотъ законъ, который мы должны признать вторымъ основнымъ закономъ и поставить наряду съ закономъ сохраненія матеріи, основывается, слѣдовательно, на индукціи, являющейся, однако, въ высшей степени недостаточной. Естественно поэтому, что явилось стремленіе доказать второй законъ независимо отъ невозможности perpetuum mobile, что дѣйствительно и удалось Больтцману. Второй законъ сводится теперь къ прочно установленнымъ положеніямъ механики и можетъ въ свою очередь служить для доказательства невозможности perpetuum mobile, совершенно независимо отъ недостаточности нашей индукціи. Такимъ образомъ совершенно теряетъ всякую почву то предположеніе, которое раньше можно было выражать съ нѣкоторымъ, хотя и очень ничтожнымъ, оправданіемъ: именно, что всетаки не вполнѣ исключается возможность осуществленія perpetuum mobile. Теперь-же мы можемъ съ полной увѣренностью сказать что perpetuum mobile невозможно. Я желалъ бы особенно напереть на это положеніе, чтобы удержать какую нибудь изобрѣтательную голову отъ всякихъ попытокъ въ этомъ направленіи.

Вполнѣ естественно, что именно наиболѣе древнія задачи и вопросы съ особенной силой привлекаютъ къ себѣ изобрѣтательный умъ и прежде всего останавливаютъ на себѣ наше вниманіе. Таковы—философскій камень, perpetuum mobile, квадратура круга. Кто найдетъ способъ превращать свинецъ въ золото! Кто найдетъ секретъ, какъ изъ ничего порождать неизмѣняемую силу! Только послѣдній вопросъ не имѣетъ матеріальной подкладки—но тѣмъ больше чести тому, кто его разрѣшитъ. Особенные интересъ и притягательность этихъ проблеммъ именно и заключаются въ томъ, что онѣ совершенно неразрѣшимы. Хотя намъ и не удалось открыть философскій камень, эту цѣль непрестанныхъ стремленій всѣхъ алхимиковъ, но исканіе его сослужило великую службу химической наукѣ и способствовало ея развитію; никому не посчастливилось найти perpetuum mobile, но стремленія отыскать его проложили дорогу къ открытію

основного закона физики, закона сохраненія энергіи. Человѣкъ, знакомый съ выводами науки, давно уже отказался отъ разрѣшенія этихъ проблеммъ, для человѣка непосвященнаго онѣ все еще представляютъ много загадочной прелести, сулятъ ему почетъ, богатство и власть; и много способныхъ и ясныхъ головъ, много существованій принесено въ жертву этимъ проблеммамъ. Философскаго камня теперь уже почти никто не ищетъ, но далеко не такъ ничтожно число тѣхъ, которые ставятъ предметомъ своихъ исканій perpetuum mobile и въ жертву этой задачѣ приносятъ всѣ свои силы, средства и время. Я настоятельно предостерегаю всѣхъ отъ увлеченія этими проблеммами; всякій трудъ, всякая жертва будутъ потрачены совершенно безплодно.

Вопросъ, къ которому мы теперь обратимся,—это старый какъ міръ вопросъ о происхожденіи вселенной или, ограничивая его болѣе узкими рамками, вопросъ о происхожденіи планетной системы. Какъ выяснится ниже, всѣ другія, еще не разсмотрѣнныя нами формы энергіи играютъ въ процессѣ возникновенія планетной системы настолько ничтожную роль, что ихъ вообще можно оставить безъ вниманія. Къ вопросу о происхожденіи мы присоединимъ вопросъ о томъ будущемъ, которое ожидаетъ нашу планетную систему—вопросъ о разрушеніи ея. Оба основныхъ закона, законъ сохраненія матеріи и законъ сохраненія энергіи, въ соединеніи съ закономъ диссипаціи (разсѣяніе) энергіи, дадутъ намъ тотъ отвѣтъ, который въ состояніи дать наука. Отвѣтъ мы получимъ не вполнѣ совершенный, и въ частностяхъ онъ, можетъ быть, претерпитъ впослѣдствіи значительныя измѣненія; но въ общихъ и основныхъ чертахъ онъ будетъ безусловно вѣренъ. Въ другомъ мѣстѣ мы приведемъ доказательство того, что законъ сохраненія энергіи является универсальнымъ, т. е. всеобщимъ закономъ, здѣсь-же пока мы ограничимся голословнымъ утвержденіемъ его универсальности. Всѣ другія формы энергіи, о которыхъ намъ еще не приходилось упоминать, не представляютъ такихъ трудностей, которыя нельзя было бы преодолѣть съ помощью того способа доказательства, который былъ проведенъ нами для теплоты; поэтому мы считаемъ возможнымъ высказать теперь-же

Германъ Гельмгольцъ.

Дозв. ценз. Спб. 7 мая 1897 г. Тип. Вольфа.

БИБЛІОТЕКА
ДЛЯ ВЫДАЧИ КНИГЪ НА ДОМЪ
М. С. П. о Н. Т.

что законъ сохраненія энергіи является всеобъемлющимъ закономъ.

„Мы не въ состояніи найти ни одного естественнаго процесса и ни одного ряда естественныхъ процессовъ, какъ-бы многообразны ни были ихъ взаимоотношенія, благодаря которымъ постоянно порождалась-бы двигательная сила, безъ соотвѣтственнаго участія другой двигательной силы. Какъ человѣческій родъ находитъ здѣсь на землѣ лишь нѣкоторый ограниченный запасъ работоспособныхъ двигательныхъ силъ, которыми онъ можетъ пользоваться для своихъ цѣлей, но которыхъ онъ не въ состояніи преумножить, такъ точно должно происходить и въ великомъ цѣломъ природы. И міръ имѣетъ нѣкоторый ограниченный запасъ силы, проявляющій свою энергію въ различныхъ, чрезвычайно измѣнчивыхъ формахъ; этотъ запасъ силы нельзя ни увеличить, ни уменьшить, онъ вѣченъ и неизмѣненъ, какъ матерія. Гете, повидимому, предугадывалъ нѣчто подобное, когда вложилъ въ уста своего духа земли, представителя силъ природы, слѣдующія слова:

Въ бурѣ дѣяній, въ волнахъ бытія
Я подымаюсь,
Я опускаюсь...
Смерть и рожденье—
Вѣчное море;
Жизнь и движенье
Въ вѣчномъ просторѣ
. . . . . .

(Фаустъ. Перев. Н. Холодковскаго).

Такими словами старается выразить универсальность этого закона Гельмгольцъ.

Всякая жизнь, всякое движеніе на землѣ, за очень немногими, ничтожными исключеніями, происходитъ отъ одного, повидимому, неизмѣняющагося и неизсякающаго источника; этотъ источникъ солнце, посылающее намъ въ своихъ лучахъ свѣтъ и тепло. Солнечная теплота порождаетъ грандіозные метеорологическіе процессы, могучія воздушныя теченія пассатовъ. Солнце поднимаетъ на значительную высоту воду морей въ видѣ паровъ и сообщаетъ

ей такимъ образомъ нѣкоторую потенціальную энергію; когда морская вода вновь упадетъ на землю въ видѣ дождя и соберется въ ручьи, рѣки и потоки, стремящіеся къ морю,—мы въ состояніи будемъ воспользоваться ея энергіей. Эта вода совершаетъ, не считая тѣхъ случаевъ, когда мы искуственно подчиняемъ себѣ ея силу, совершенно самостоятельно и произвольно колоссальную работу; она разбиваетъ на мелкія куски камни горныхъ утесовъ, уноситъ ихъ съ собою, выравниваетъ поверхность суши, смываетъ горы, заполняетъ моря и производитъ такимъ образомъ геологическое переустройство земли. Солнечная энергія является первопричиной всѣхъ этихъ процессовъ. Эта-же энергія непосредственнымъ образомъ содѣйствуетъ росту растеній; только подъ вліяніемъ солнечныхъ лучей развивается пестрый растительный покровъ, только подъ вліяніемъ солнечнаго свѣта и возможенъ вообще жизненный процессъ растенія. Растенія служатъ пищей животнымъ и человѣку; для человѣка они представляютъ еще большую важность, какъ горючій матеріалъ. Даже каменный уголь, это общераспространенное топливо нашихъ машинъ, есть ни что иное, какъ остатки допотопныхъ растеній. И такъ человѣкъ есть дитя солнца; своимъ существованіемъ и всѣмъ, что ему принадлежитъ, онъ обязанъ великому свѣтилу, дарующему намъ свѣтъ и тепло; сила солнца приводитъ въ движеніе поѣзда и заставляетъ пароходы пересѣкать океанъ.

Глубокій смыслъ былъ сокрытъ въ томъ воззрѣніи древнихъ арійскихъ народовъ, по которому солнце считалось символомъ божества. Они видѣли въ солнцѣ причину жизни и первоисточникъ всѣхъ земныхъ дѣяній, и были вполнѣ правы.

Но откуда-же берется энергія солнца?

Отвѣтъ на этотъ вопросъ мы найдемъ, когда разрѣшимъ другой вопросъ, вопросъ о происхожденіи планетной системы.

ГЛАВА XIII.

Объ энергіи солнца.

Величина солнечнаго излученія.—Происхожденіе солнечной энергіи.—Теорія Майера.—Теорія Гельмгольца.

Прежде всего попробуемъ составить себѣ нѣкоторое представленіе о величинѣ того количества энергіи, которое безпрерывно излучается солнцемъ. Уже на основаніи тѣхъ колоссальныхъ дѣйствій солнечной энергіи, которыя были вкратцѣ упомянуты выше, мы можемъ прійти къ выводу, что излученіе солнца чрезвычайно велико; но мы имѣемъ возможность привести и болѣе точныя данныя, относящіяся къ этому вопросу.

Для того, чтобы измѣрить солнечное лучеиспусканіе, Гершель придумалъ особый аппаратъ, который впослѣдствіи былъ усовершенствованъ французомъ Пулье,—такъ называемый пиргеліометръ (измѣритель солнечнаго жара). Устройство этого аппарата чрезвычайно просто: онъ состоитъ изъ латуннаго цилиндра, наполненнаго водою. Одно дно цилиндра снаружи тщательно покрывается сажей, чтобы происходило возможно полное поглощеніе солнечныхъ лучей. При измѣреніи, аппаратъ помѣщаютъ на соотвѣтствующемъ мѣстѣ, первоначально въ тѣни, и ждутъ пока вода не приметъ температуры окружающаго воздуха; затѣмъ его переносятъ на солнце и притомъ располагаютъ его такимъ образомъ, чтобы лучи падали отвѣсно на зачерненную поверхность. Черезъ десять минутъ наблюдаютъ по термометру, погруженному въ воду цилиндра, повышеніе температуры. Зная, сколько граммовъ воды содержится въ аппаратѣ, и припоминая, что для нагрѣванія одного килограмма воды на одинъ градусъ Цельсія необходимо затратить одну калорію тепла, мы можемъ вычислить, сколько калорій излучаетъ солнце въ теченіе десяти минутъ на площади, равной площади дна пиргеліометра. Отсюда можно далѣе вычислить, какъ велико то количество теплоты, которое излучается солнцемъ на обращенное къ нему полушаріе земли въ теченіе одной минуты; изъ вычисленій мы получаемъ невѣроятную цифру въ 2247 билліоновъ калорій. Мы не должны забывать, что солнце излучаетъ

свое тепло равномѣрно во всѣ стороны мірового пространства, и только очень ничтожная доля этого тепла попадаетъ на землю; если мы желаемъ узнать все количество излучаемаго солнцемъ тепла, то намъ необходимо прежде всего рѣшить вопросъ, какую часть небесной сферы, описанной вокругъ солнца, какъ около центра, занимаетъ земля; на это число мы должны помножить выше полученную величину для того, чтобы узнать все количество энергіи, излучаемой солнцемъ въ одну минуту. Но тутъ намъ пришлось-бы имѣть дѣло съ числами, которыя и выговорить-то трудно, и о которыхъ мы совершенно не можемъ составить себѣ достаточно яснаго представленія; во избѣжаніе этого мы введемъ новую единицу мѣры. Количество теплоты, необходимое для нагрѣванія одной кубической мили воды т. е. куба, имѣющаго по одной мили какъ въ длину, такъ въ ширину и высоту, на одинъ градусъ Цельсія, мы назовемъ большой калоріей; перечисливъ вышеприведенное число на большія калоріи, мы придемъ къ тому поразительному результату, что земля въ теченіе одной минуты получаетъ количество теплоты, равное $5^1/_2$ большимъ калоріямъ. Но такъ какъ на долю земли приходится всего 2300 милліонная часть всего солнечнаго излученія, то послѣднее составляетъ въ минуту 12.650 милліоновъ большихъ калорій! Мы отказываемся вести вычисленія далѣе и опредѣлять, сколько большихъ калорій солнце излучаетъ въ теченіе года; мы попробуемъ только сдѣлать вышеприведенное число болѣе наглядным. Для того, чтобы искуственно получить такое количество теплоты, намъ пришлось-бы ежеминутно сжигать 8.750.000 билліоновъ метрическихъ центнеровъ угля! И такъ мы видимъ, какое колоссальное количество энергіи излучается солнцемъ. Количество теплоты, излучаемое на поверхность земли въ теченіе одного года,—а оно составляетъ только 2300 милліонную часть всей лучистой энергіи солнца—было-бы въ состояніи расплавить покрывающую землю ледяную кару въ 31 метръ толщины.

Мы уже сказали, что всякая энергія, которой мы можемъ пользоваться для нашихъ цѣлей, происходитъ отъ солнца; поэтому для насъ очень интересно опредѣлить величину той работы, которую можетъ совершить солнечная энергія.

Зная механическій эквивалентъ теплоты, мы можемъ перечислить вышеприведенныя числа на единицы работы; при этомъ окажется, что солнечное излученіе эквивалентно безпрерывно совершающейся работѣ въ 70.000 рабочихъ силъ на каждый квадратный метръ поверхности солнца.

Теперь займемся вопросомъ о томъ, откуда солнце получаетъ свою энергію?

Ближайшій отвѣтъ на этотъ вопросъ тотъ, что теплота солнца совершенно такого-же происхожденія, какъ и всякая теплота, получаемая нами искуственно, именно что она порождается процессами горѣнія. На самомъ дѣлѣ, въ прежнія времена солнце считали огнемъ; въ настоящее время мы можемъ съ полной увѣренностью утверждать, что такое воззрѣніе совершенно невѣрно. Спектральный анализъ, о которомъ мы уже упоминали ранѣе, показалъ намъ, что солнце состоитъ изъ тѣхъ же элементовъ, которые входятъ въ составъ земли и ея атмосферы. Благодаря этому, мы имѣемъ возможность опредѣлить то наибольшее количество тепла, которое могло-бы выдѣлиться при сгораніи элементовъ солнца. Выберемъ два такихъ элемента, которые при наименьшемъ удѣльномъ вѣсѣ выдѣляютъ наибольшее количество тепла при соединеніи другъ съ другомъ, каковы водородъ и кислородъ, и предположимъ, что солнце состоитъ исключительно изъ этихъ двухъ элементовъ, смѣшанныхъ въ такой пропорціи (2 къ 1), въ которой они при сгораніи даютъ воду; тогда мы можемъ сказать, что количество теплоты, выдѣляющееся въ принятомъ нами случаѣ, будетъ наибольшемъ возможнымъ количествомъ, такъ какъ при соединеніи другихъ элементовъ выдѣлится гораздо меньше тепла. Масса солнца намъ извѣстна, а также извѣстно намъ и то количество теплоты, которое выдѣляется при соединеніи двухъ объемовъ водорода съ однимъ объемомъ кислорода. Отсюда мы можемъ вычислить все, что намъ нужно; оказывается, что, при сдѣланномъ нами предположеніи, выдѣлится количество тепла, достаточное для поддержанія солнечнаго излученія въ теченіе 3021 года. Это, конечно, довольно большой промежутокъ времени—но вѣдь одна исторія человѣческаго рода охватываетъ значительно большій періодъ, которому, какъ мы знаемъ изъ исторіи развитія земли и

палеонтологіи, предшествовали несравненно болѣе длинные періоды, и въ эти отдаленныя времена существовала уже на землѣ органическая жизнь. Кромѣ того мы знаемъ, что съ того времени, относительно котораго еще существуютъ историческія данныя, т. е. за послѣднія 4000 лѣтъ, температура поверхности земли не измѣнилась замѣтнымъ образомъ. Мы, конечно, не имѣемъ для этихъ древнихъ временъ точныхъ записей температуры, но зато мы можемъ воспользоваться для нашей цѣли нѣкоторыми указаніями относительно распространенія различныхъ культурныхъ растеній, чрезвычайно чувствительныхъ къ малѣйшимъ измѣненіямъ средней годовой температуры, каковы виноградъ, масличное дерево; эти указанія подтверждаютъ, что вышеназванныя растенія во времена патріарховъ имѣли тѣ-же границы распространенія, какъ и въ настоящее время, и что, слѣдовательно, климатъ тѣхъ временъ нисколько не отличался отъ нынѣшняго.

И такъ, всѣ приведенные факты и разсужденія заставляютъ насъ признать извѣстныя намъ химическія силы совершенно недостаточными для объясненія тепловой траты солнца; но такъ какъ какихъ-либо другихъ, неизвѣстныхъ намъ химическихъ силъ, какъ показываетъ спектральный анализъ, не можетъ быть, то мы должны окончательно отказаться отъ того воззрѣнія, по которому солнечная теплота является исключительно продуктомъ процессовъ горѣнія.

Намъ остается только одинъ выходъ,—искать источникъ солнечной энергіи въ механическихъ процессахъ; мощь космическихъ силъ притяженія такъ велика, что ими съ легкостью можетъ возмѣщаться вся трата энергіи въ теченіе несчетнаго числа вѣковъ,—хотя, сообразно закону сохраненія энергіи, и не вѣчно.

Мы изъ опыта знаемъ, что въ предѣлахъ нашей планетной системы теплота часто порождается движеніемъ. Кому не случалось видѣть падающихъ звѣздъ? Кому не приходилось хотя-бы слышать объ еще болѣе блестящихъ явленій метеоровъ? Мы знаемъ, что падающія звѣзды и метеоры суть тѣла чрезвычайно небольшихъ размѣровъ (они въ значительной части состоятъ изъ желѣза), носящіяся

въ міровомъ пространствѣ; если земля пересѣчетъ ихъ путь, то можетъ случиться, что скорость ихъ движенія окажется недостаточной для преодолѣнія притяженія земли, и тогда они упадутъ на землю. Но какъ только они достигнутъ атмосферы, тотчасъ-же сказывается въ чрезвычайно сильной степени дѣйствіе треніе и сопротивленіе воздуха, при тѣхъ необыкновенно большихъ скоростяхъ, которыми они обладаютъ; тѣла эти разогрѣваются, накаливаются и такимъ образомъ становятся замѣтными для нашего глаза. Многія изъ нихъ растрескиваются, часто производя при этомъ довольно сильный шумъ, многіе отъ дѣйствія жара распадаются въ мелкую пыль, которая долго остается висѣть въ воздухѣ и лишь понемногу осаждается на землю (на снѣжныхъ поляхъ полярнаго моря, по меньшей мѣрѣ въ ста миляхъ удаленія отъ человѣческаго жилья. Норденшельдъ получалъ расплавленіемъ снѣга желѣзную пыль, которая, слѣдовательно, могла быть только космическаго происхожденія); наконецъ многія можетъ быть, вновь покидаютъ атмосферу и продолжаютъ свое странствованіе въ міровомъ пространствѣ, съ уменьшившеюся скоростью и отклонившись отъ первоначальнаго пути. Для насъ въ этихъ астрономическихъ фактахъ особенно интересно то, что эти ничтожныя по своей величинѣ міровыя тѣла обладаютъ скоростями планетъ, т. е. движутся со скоростями отъ 4 до 6 миль въ секунду; съ помощью перваго закона механической теоріи тепла мы легко можемъ вычислить, что ихъ живой силы, превращенной въ теплоту, достаточно было-бы для нагрѣванія этихъ тѣлъ до температуры въ 900.000 и даже въ 2.500.000 градусовъ Цельсія,—при предположеніи, что все выдѣлившееся количество теплоты удерживается ихъ веществомъ; но, конечно, теплота значительной своей частью идетъ на нагрѣваніе окружающаго воздуха. Тѣмъ не менѣе температура метеоровъ во всякомъ случаѣ такъ велика, что съ ней не можетъ сравниться ни одна изъ полученныхъ нашими средствами температуръ. Для примѣра приводимъ, что температура взрыва гремучаго газа (водородъ сгораетъ въ кислородѣ) опредѣляется въ 2000 градусовъ.

Метеоры и падающія звѣзды вовсе не составляютъ столь рѣдкихъ явленій, какъ это, можетъ быть, думаетъ чело-

вѣкъ незнакомый съ наукой. Гершель заключилъ на основаніи своихъ наблюденій, что число ежедневно падающихъ на земную поверхность метеоровъ достигаетъ $7^1/_2$ милліоновъ! Эти метеоры, впрочемъ, имѣютъ, вообще говоря, довольно незначительную величину—обыкновенно они не болѣе булыжника величиною—и удалены другъ отъ друга на довольно значительныя разстоянія, приблизительно на 100 миль. Такъ какъ земля въ каждую секунду проходитъ 4 мили и обладаетъ діаметромъ въ 1700 миль, то, слѣдовательно, она въ каждую секунду какъ-бы выметаетъ 9 милліоновъ кубическихъ миль мірового пространнства; отсюда и объясняется необыкновенно большое количество ежедневно падающихъ метеоровъ.

Попробуемъ теперь сравнить землю съ солнцемъ. Діаметръ солнца въ 112 разъ больше діаметра земли; чтобы составить себѣ объ этомъ наглядное понятіе, представимъ себѣ, что земля помѣщена въ центрѣ солнца; если, въ такомъ случаѣ, какой-нибудь обитатель земли предпринялъ путешествіе на луну, то, достигнувъ луны, онъ оставилъ бы за собою не болѣе половины того пространства, которое отдѣляетъ землю, помѣщенную въ центрѣ солнца, отъ поверхности того-же солнца. Солнце слѣдовательно имѣетъ несравненно большій объемъ, чѣмъ земля; соотвѣтственно этому и соотвѣтственно его въ 29 разъ большей притягательной силѣ, и число низвергающихся на солнце метеоровъ должно быть во много разъ больше числа, приведеннаго нами для земли. При паденіи метеоровъ, живая сила ихъ превращается въ теплоту; благодаря этому, какъ полагаетъ Майеръ, установившій эту теорію, и происходитъ постоянное пополненіе тепловой траты солнца. Если мы попробуемъ сдѣлать приблизительный разсчетъ, то получимъ числа, уже гораздо болѣе соотвѣтствующія требованіямъ, предъявляемымъ исторіей и геологіей,

Для болѣе нагляднаго поясненія сказаннаго приводимъ слѣдующіе примѣры: земля, вслѣдствіе своего движенія вокругъ солнца, обладаетъ нѣкоторой живой силой; если-бы намъ удалось хотя-бы только задержать землю въ ея движеніи, то уже этимъ самымъ мы народили бы такое количество тепла, которое въ состояніи было-бы покрыть 80-ти дневный тепловой расходъ солнца; при паденіи-же земли

на солнце выдѣлится количество тепла, могущее удовлетворить тепловыя потребности солнца въ теченіе 91 года, при паденіи Юпитера выдѣлится количество тепла, достаточное для покрытія расходовъ солнца въ теченіе 32.000 лѣтъ.

В. Томсонъ выставилъ противъ этой теоріи Роберта Майера очень важное возраженіе. Если-бы все солнечное лучеиспусканіе покрывалось исключительно тепломъ, развиваемымъ при паденіи метеоритовъ, то масса солнца должна-бы ежегодно возрастать на такую значительную величину, которая не могла-бы укрыться отъ наблюденій астрономовъ. Мы, конечно, не въ состояніи были-бы замѣтить увеличеніе солнечнаго диска при помощи телескопа; но съ возрастающей массой должна увеличиться и притягательная сила солнца, что, въ случаѣ правильности предположенія, сдѣланнаго Майеромъ, должно было сказаться въ уменьшеніи годового времени на $^1/_2$ секунды. Такого уменьшенія однако не наблюдается; слѣдовательно извергающаяся ежегодно на солнце масса метеоритовъ не можетъ быть такъ велика, какъ это требуется теоріей. Отсюда мы должны заключить, что вышеозначеннымъ способомъ ни въ какомъ случаѣ не можетъ быть покрыта вся тепловая трата солнца, хотя количество теплоты, сообщаемое падающими метеоритами, и не можетъ считаться незначительнымъ.

Итакъ, на основаніи всего вышесказаннаго мы должны прійти къ убѣжденію, что ни одной изъ приведенныхъ силъ недостаточно для объясненія тепловой траты солнца; такимъ образомъ мы принуждены сдѣлать предположеніе, что солнце получило когда-то, въ давнопрошедшія времена, нѣкоторый запасъ тепла, который оно и расходуетъ мало-по-малу. Теперь предъ нами возникаетъ вопросъ, откуда оно получило этотъ запасъ тепла?

На этотъ вопросъ намъ даетъ вполнѣ удовлетворительный отвѣтъ теорія Канта-Лапласа; мы тутъ-же замѣтимъ, что возможность разрѣшенія поставленнаго вопроса служитъ очень вѣскимъ доводомъ въ пользу правильности этой теоріи, хотя первоначально интересующій насъ вопросъ и не былъ включенъ въ группу фактовъ, для объясненія которыхъ служила означенная теорія.

По теоріи Канта-Лапласа вещество солнца первоначально было разсѣяно въ космическихъ пространствахъ, затѣмъ съ теченіемъ времени оно мало-по-малу стало сгущаться, подчиняться вліянію тяготѣнія, т. е. того притяженія, которое дѣйствуетъ между отдѣльными частицами вещества. Во время этого процесса сгущенія и уплотненія вещества безпрерывно выдѣлялась, вслѣдствіе тренія и столкновенія отдѣльныхъ частицъ, теплота, которая въ концѣ концовъ скопилась въ громадныхъ количествахъ и образовала неизсякаемые запасы.

Если предположить, что масса солнца имѣетъ теплоемкость, равную теплоемкости воды, т. е. если, слѣдовательно, принять самыя неблагопріятныя условія, то простое вычисленіе покажетъ намъ, что температура солнца, благодаря процессу сгущенія и уплотненія, можетъ подняться до 28 милліоновъ градусовъ. Такой высоты, впрочемъ, температура его никогда не достигала; безпрерывное лучеиспусканіе препятствовало необходимому для этого накопленію тепла. Кромѣ того, возможности подобной температуры противорѣчитъ и самый фактъ сгущенія, которое никогда не могло-бы произойти при столь высокой температурѣ. Но высота температуры для насъ не является особенно важной; выдѣлившееся вслѣдствіе сгущенія тепло оказывается достаточнымъ для возмѣщенія тепловыхъ тратъ солнца въ теченіе 22 милліоновъ лѣтъ!

Въ процессѣ уплотненія мы должны, какъ полагаетъ Гельмгольцъ, искать также и источникъ современнаго и будущаго излученія солнца. Солнце далеко еще не достигло той плотности, которой оно можетъ достигнуть; оно можетъ стать несравненно плотнѣе земли, такъ какъ давленіе, стремящееся уплотнить солнечную массу, приблизительно въ 800 разъ болѣе давленія, дѣйствующаго въ центрѣ земли; между тѣмъ, плотность солнца, вѣроятно вслѣдствіе чрезвычайно высокой температуры, не превышаетъ четвертой части плотности земли, т. е. приближается по своей величинѣ къ плотности воды.

Такимъ образомъ является въ высшей степени вѣроятнымъ, что процессъ уплотненія солнечной массы продолжается и до сихъ поръ; при этомъ, сжатіе солнца на одну десятитысячную его поперечника должно выдѣлить такое

количество тепла, которое въ состояніи покрыть солнечное лучеиспусканіе въ теченіе 2289 лѣтъ; это сжатіе къ тому-же такъ ничтожно, что его чрезвычайно трудно открыть даже самыми точными астрономическими аппаратами.

Сжатіе солнечной массы до плотности земли (вслѣдствіе несравненно большаго давленія внутри солнечной массы, она, во всякомъ случаѣ, можетъ достигнуть и гораздо большей плотности) вызоветъ выдѣленіе тепла, совершенно достаточное для того, чтобы еще въ теченіе 17 милліоновъ лѣтъ солнечные лучи, посылаемые на землю, сохранили такое-же напряженіе, какъ и въ настоящее время. Если мы, слѣдовательно, примемъ, что тѣ 22 милліона лѣтъ, о которыхъ упоминалось выше, уже протекли, то всетаки время, въ продолженіи котораго еще возможна будетъ на землѣ органическая жизнь, намъ придется опредѣлять приблизительно въ 20 милліоновъ лѣтъ. Время почти безконечное по сравненіи съ немногими тысячелѣтіями, охватывающими наше историческое развитіе. Итакъ, будущее, простирающееся передъ нами, такъ богато годами, что мы должны напречь всѣ свои силы, чтобы устроить его лучше, чѣмъ прошедшее и настоящее.

ГЛАВА XIV.

О возникновеніи планетной системы по Канту и Лапласу.

Наша планетная система.—Теорія Канта-Лапласа. — Доказательства, приводимыя въ пользу нея: кольцо Сатурна, падающія звѣзды, туманныя пятна.

Наша планетная система представляетъ въ своемъ строеніи цѣлый рядъ особенностей, настолько своеобразныхъ, что ими совершенно устраняется мысль, будто существующія соотношенія различныхъ міровыхъ тѣлъ установились исключительно благодаря случаю; мы приведемъ эти замѣчательныя особенности, хотя-бы вкратцѣ.

Мы знаемъ, что число планетъ, вращающихся вокругъ солнца, довольно значительно. Кромѣ восьми большихъ планетъ, располагающихся, считая отъ солнца въ слѣдующемъ порядкѣ: Меркурій, Венера, Земля, Марсъ, Юпитеръ,

Сатурнъ, Уранъ и Нептунъ, — между орбитами Марса и Юпитера расположенъ поясъ, въ которомъ заключены пути многочисленныхъ малыхъ планетъ, такъ называемыхъ планетоидовъ. Число послѣднихъ постоянно увеличивается благодаря новымъ открытіямъ, — въ настоящее время мы знаемъ ихъ уже около трехсотъ. Вокругъ нѣкоторыхъ большихъ планетъ вращаются меньшія міровыя тѣла, называющіяся спутниками или лунами; земля имѣетъ одинъ только спутникъ, Юпитеръ—четыре, Сатурнъ, кромѣ своего кольца, восемь, Уранъ—два, Нептунъ—одинъ. Кромѣ того, какъ солнце, такъ и большія планеты вращаются вокругъ собственной оси. Прежде всего наше вниманіе привлекаетъ тотъ фактъ, что плоскости путей планетъ и ихъ спутниковъ почти совпадаютъ, и что направленіе движенія вокругъ солнца для всѣхъ планетъ одинаково. Если мы, слѣдовательно, изготовимъ себѣ модель планетной системы, въ которой пути планетъ будутъ представлены въ видѣ проволочныхъ круговъ, то приведенный выше фактъ обозначится въ нашей модели тѣмъ, что всѣ проволочные круги будутъ лежатъ въ одной плоскости такъ, что вся модель можетъ быть съ удобствомъ расположена на столѣ. Если-бы взаимоотношенія солнца и планетъ установились только благодаря случаю, то было-бы совершенно непонятно, почему всѣ планеты движутся вокругъ солнца въ одной и той-же плоскости, еще менѣе для насъ было-бы понятно, почему всѣ онѣ совершаютъ свои движенія въ одномъ направленіи. Въ самомъ дѣлѣ, это было-бы въ высшей степени страннымъ совпаденіемъ случаевъ! Далѣе, чрезвычайно замѣчательнымъ фактомъ является и то, что экваторіальныя плоскости отдѣльныхъ планетъ и экваторіальная плоскость солнца наклонены къ этой общей плоскости путей движенія лишь подъ очень незначительными углами; мы будемъ очень близки къ истинѣ, если скажемъ, что плоскость планетныхъ орбитъ совпадаетъ съ экваторіальною плоскостью солнца, и что экваторіальныя плоскости планетъ отклоняются отъ первой плоскости лишь въ очень незначительной степени.

Далѣе, для насъ въ высшей степени важны слѣдующіе факты: пути планетъ представляются почти правильными кругами, планеты вращаются вокругъ собственныхъ осей,

всѣ, какъ и земля, съ запада на востокъ; всѣ эти общіе для всѣхъ планетъ факты и совпаденія нельзя объяснить одной случайностью. Если-бы мы произвели на основаніи только приведенныхъ нами фактовъ,—а ихъ можно найти и больше—вычисленіе вѣроятности, то мы могли-бы прямо числами доказать, какъ невѣроятно случайное совпаденіе такого большого числа одинаковыхъ свойствъ; впрочемъ, не за чѣмъ даже производить такого вычисленія, которое по своей запутанности и сложности представляетъ значительныя трудности, даже при принятомъ нами ограниченіи; совершенная невѣроятность такого совпаденія случаевъ понятна для насъ и безъ математическихъ вычисленій; дѣйствительно, мы знаемъ, что уже въ глубокой древности въ человѣческомъ сознаніи возникла мысль о существованіи высшей сознательной силы, установившей наблюдаемый нами порядокъ вселенной.

Какъ естественную причину этого, столь далеко идущаго согласія между отдѣльными членами планетной системы, мы можемъ представить себѣ только первоначальную генетическую связь ихъ между собою. Мы можемъ себѣ представить два случая. Мы можемъ принять, что планеты отдѣлились отъ солнца, или что вся масса нашей планетной системы первоначально образовала одно нераздѣльное цѣлое, занимавшее неизмѣримо большій объемъ, обладавшее въ высшей степени ничтожной плотностью. Мы должны отдать преимущество второму предположенію: намъ хорошо извѣстна сила, которая можетъ соединить въ одно цѣлое первоначально разсѣянную массу вещества: эта сила тяготѣнія, притяженіе частицъ вещества другъ къ другу; но мы, однако, совершенно не знаемъ такой силы, которая могла бы отрывать отъ солнца тѣла такихъ громадныхъ размѣровъ, какъ планеты, и отбрасывать ихъ въ пространство на такія большія разстоянія. Кромѣ того, пути планетъ должны-бы были принять рѣзко выраженную эллиптическую *) форму, если-бы планеты дѣйствительно произошли отдѣленіемъ отъ солнечной массы; въ дѣйствительности-же оказывается, что форма планетныхъ орбитъ лишь слабо эллиптическая, приближающаяся къ кругу.

Намъ остается, слѣдовательно, принять второе предположеніе, состоящее въ томъ, что вся масса нашей планет-

ной системы занимала въ своемъ первоначальномъ состояніи объемъ, достигавшій въ своихъ крайнихъ предѣлахъ, по меньшей мѣрѣ, пути наиболѣе удаленной изъ планетъ. Это предположеніе и было положено Кантомъ и Лапласомъ въ основаніе ихъ теоріи происхожденія планетной системы. По этой теоріи, планетная система въ первоначальномъ фазисѣ своего существованія являлась туманностью шарообразной формы и въ высшей степени ничтожной плотности; въ самомъ дѣлѣ, представимъ себѣ всю массу солнца, планетъ и ихъ спутниковъ—а эта масса намъ извѣстна—равномѣрно распредѣленною въ нѣкоторомъ шаровомъ пространствѣ, діаметръ котораго равенъ діаметру пути Нептуна, и мы увидимъ, что вещество это должно находиться въ состояніи чрезвычайно разрѣженнаго газа, причемъ на долю каждаго грамма вещества придется нѣсколько билліоновъ кубическихъ миль пространства. Эта шарообразная масса вещества обладала въ то время, когда она отдѣлилась отъ другихъ туманныхъ массъ, изъ которыхъ образовались ближайшія къ намъ неподвижныя звѣзды, очень медленнымъ вращательнымъ движеніемъ. Но постепенно эта туманная масса сгустилась, подъ вліяніемъ взаимнаго притяженія своихъ частицъ, а по мѣрѣ того какъ увеличивалось сгущеніе и уменьшался діаметръ нашей туманности, должна была возрастать и вращательная скорость ея; увеличившаяся скорость вращенія не могла остаться безъ вліянія на форму туманной массы и измѣнила ее въ томъ смыслѣ, что изъ шарообразнаго тѣла послѣдняя превратилась въ плоскій дискъ. Процессъ сгущенія непрестанно подвигался впередъ; а вмѣстѣ съ тѣмъ увеличивалась и скорость вращенія; послѣдняя, естественно, должна имѣть наибольшую величину на экваторѣ, т. е. въ точкахъ диска, наиболѣе удаленныхъ отъ центра; поэтому именно въ этой части экватора была достигнута скорость, которой не могло уже болѣе противодѣйствовать притяженіе частицъ къ центру, и такимъ образомъ произошло отдѣленіе нѣкоторой массы по экватору диска—явленіе, которое впослѣдствіи повторилось еще нѣсколько разъ. Отдѣлившіяся

*) Элипсъ есть кривая линія, форма которой походитъ на форму сплюснутаго круга.

массы вновь соединялись въ вращающіяся шарообразныя туманности, которыя либо прямо превращались, благодаря сгущенію, въ планеты, либо, какъ и первоначальная туманная масса, въ свою очередь, во время процесса сгущенія, отдѣляли по своему экватору нѣкоторыя массы, превращавшіяся въ спутниковъ ихъ или-же, какъ мы это видимъ на примѣрѣ Сатурна, образовали замкнутое кольцо, охватывающее планету широкимъ, свободно плавающимъ кольцомъ. Не всегда, впрочемъ, отдѣлившаяся отъ окружности главной шаровой туманности масса сгущалась въ одну только планету; въ одномъ случаѣ эта масса распалась на громадное число совершенно самостоятельныхъ частей и образовала поясъ болѣе мелкихъ планетъ или планетоидовъ, расположенный между путями Марса и Юпитера. (Эти планетоиды отличаются очень незначительной величиною; многіе изъ нихъ такъ малы, что ихъ, даже по сравненіи со спутниками планетъ, можно считать пигмеями; такъ напр., Кліо имѣетъ діаметръ, едва достигающій 4 мили, длина экватора поэтому равна 12 милямъ, такъ что хорошій ходокъ можетъ совершить кругосвѣтное путешествіе на этомъ планетоидѣ въ какихъ-нибудь 18 часовъ; площадь поверхности планетоида Кліо измѣряется въ 48 квадратныхъ миль, и слѣдовательно равна приблизительно четверти герцогства Каринтіи).

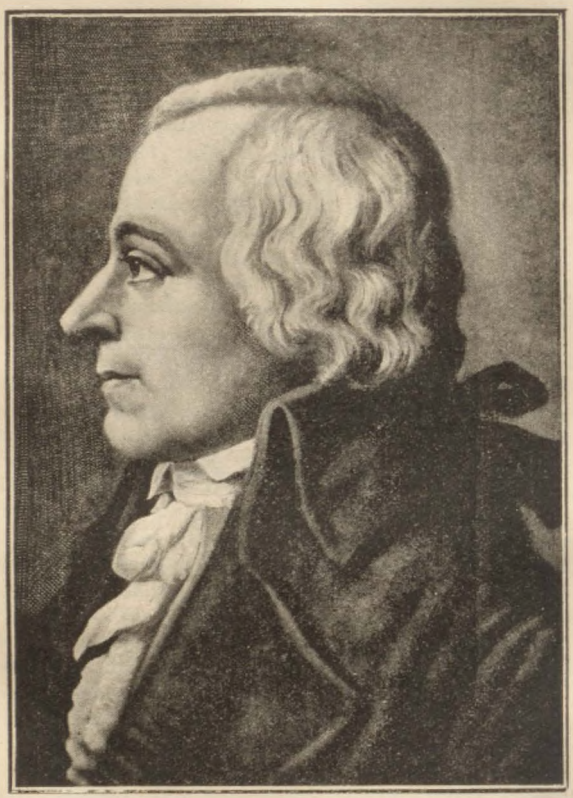
Мы, однако, сдѣлали еще одно предположеніе, именно то, что первоначально существовавшая туманная масса обладала нѣкоторой незначительной скоростью вращенія въ этомъ предположеніи мы слѣдовали Лапласу. Кантъ пытался и это вращательное движеніе вывести изъ факта всемірнаго тяготѣнія; но разсужденія его, относящіяся къ этому пункту, не выдерживаютъ критики. Впрочемъ, взгляды изслѣдователей по данному вопросу еще не могутъ считаться вполнѣ установившимися, хотя, по моему мнѣнію, взглядъ Лапласа, котораго придерживается и Гельмгольцъ, должно признать болѣе правильнымъ. Какъ-бы то ни было, но во всякомъ случаѣ теорія Канта-Лапласа приводитъ насъ къ вопросу, для разрѣшенія котораго научное естествознаніе не имѣетъ средствъ, и который поэтому никогда не будетъ рѣшенъ: къ вопросу, съ которымъ мы уже разъ встрѣтились въ нашихъ бесѣдахъ,—о томъ, вѣчна-ли

матерія или-же нѣтъ. Здѣсь для нашего познанія природы поставленъ предѣлъ, его-же не прейдеши.

Мы сдѣлаемъ еще нѣсколько замѣчаній относительно самой теорій. Какъ бы прекрасна и остроумна она ни была, но все таки, какъ замѣчаетъ самъ Лапласъ, ее можно принять только съ недовѣріемъ. Тѣмъ болѣе желанными для насъ являются всѣ факты, которые могутъ быть истолкованы только въ смыслѣ нашей теоріи и, слѣдовательно, даютъ намъ новое подтвержденіе ея. Такимъ фактомъ въ нашей планетной системѣ должно считать прежде всего кольцо Сатурна, представляющее особенно блестящее подтвержденіе нашей теоріи. Это явленіе въ нашемъ случаѣ имѣетъ такое-же значеніе, какъ палеонтологическія формы живыхъ существъ для дарвиновской теоріи развитія.

Кольцо, окружающее Сатурнъ, расположено въ экваторіальной плоскости послѣдняго, оно имѣетъ довольно значительную ширину и чрезвычайно ничтожную толщину. Кольцо это невозможно различить невооруженнымъ глазомъ, и первые астрономы, наблюдавшіе эту замѣчательную планету, не могли прійти къ вполнѣ правильному представленію объ ея странной формѣ, такъ какъ мы не всегда можемъ видѣть эту планету съ одной и той-же стороны; такъ напр. первые изслѣдователи представляли себѣ Сатурнъ снабженнымъ какъ-бы двумя ручками, только Гюйгенсу удалось установить правильный взглядъ на форму этой планеты. Теоріи Канта-Лапласа суждено было положить конецъ всевозможнымъ, часто чрезвычайно забавнымъ, догадкамъ относительно природы и происхожденія этого кольца—такъ напримѣръ, даже такой выдающійся ученый какъ Мопертюи полагалъ, что это кольцо произошло изъ хвоста кометы, обвившагося вокругъ шара Сатурна и оставшагося висѣть на немъ,—та-же теорія впервые указала на въ высшей степени важное значеніе этого факта для исторіи развитія нашей планетной системы, а вмѣстѣ съ тѣмъ и всѣхъ другихъ системъ.

Въ пользу той-же теоріи говорятъ далѣе и всѣ наши новѣйшія открытія, касающіяся природы падающихъ звѣздъ: послѣднія доказываютъ намъ, что процессъ сгущенія разсѣянныхъ и разрѣженныхъ массъ далеко еще не законченъ, и подтверждаютъ, слѣдовательно, дѣйствительное су-



Пьеръ Симонъ Лапласъ.

Дозв. ценз. Спб. 7 мая 1897 г.

Тип. Вольфа.

БИБЛІОТЕКА
ДЛЯ ВЫДАЧИ КНИГЪ ДОМЪ
М. С. П. о Н. Т.

ществованіе явленія, на которомъ построена теорія; процессъ сгущенія продолжается до сихъ поръ, хотя и въ несравненно болѣе слабой степени; измѣнился онъ, въ крайнемъ случаѣ, только по своей формѣ, причемъ первоначально газообразная и распредѣленная въ видѣ тончайшей пыли матерія мірового пространства, подъ вліяніемъ силы притяженія и кристаллизаціонной силы, проявляющей свое дѣйствіе при болѣе тѣсномъ соприкосновеніи частицъ, соединилась въ кускѣ болѣе значительной величины, чѣмъ тѣ, которые существовали въ началѣ.

Въ пользу нашей теоріи говоритъ еще одно обстоятельство, которое мы приводили уже ранѣе; именно то, что только благодаря этой теоріи мы можемъ получить достаточное объясненіе неизсякаемости солнечной энергіи, объясненіе, находящееся въ полномъ согласіи со всѣми наблюденными отношеніями. Намъ остается только привести еще то свидѣтельство въ пользу теоріи Канта-Лапласа, которое доставляетъ намъ само небо.

Если въ безлунную ночь, при полной прозрачности воздуха, когда надъ природой царитъ чудная звѣздная ночь, мы станемъ разсматривать небо, то на его черно-синемъ фонѣ, усыпанномъ звѣздами разныхъ цвѣтовъ и различной яркости, мы замѣтимъ тонкую, бѣлую туманную полосу, неправильныхъ очертаній и различной ширины, простирающуюся поперекъ всего неба. На южномъ полушаріи мы находимъ продолженіе этой полосы; это, такъ называемый Млечный путь, образующій замкнутое кольцо и раздѣляющій весь небосклонъ на двѣ не вполнѣ равныя части. Начиная отъ созвѣздія Лебедя и вплоть до созвѣздія Скорпіона Млечный путь раздѣляется на двѣ, параллельно тянущіяся полосы, заключающіяся между собою темное, беззвѣздное пространство, на подобіе острова.

Но кромѣ этого Млечнаго пути, который мы легко можемъ найти и прослѣдить въ благопріятную ночь, мы замѣчаемъ на небосклонѣ еще громадное число небольшихъ туманныхъ пятенъ, изъ которыхъ однако лишь немногія, напр., туманное пятно въ созвѣздіи Андромеды, могутъ быть восприняты невооруженнымъ глазомъ, почему онѣ и не были совершенно извѣстны астрономамъ древности.

Число этихъ туманныхъ пятенъ чрезвычайно значительно; одному В. Гершелю удалось открыть ихъ, при помощи своего грандіознаго телескопа, до 2500. Вскорѣ, однако, наблюденіе показало, что многія изъ этихъ кажущихся туманностей не могутъ считаться дѣйствительными туманностями, а скорѣе являются скопищами звѣздъ, которыя, вслѣдствіе своего неимовѣрнаго удаленія отъ насъ, представляются намъ въ видѣ однообразнаго цѣлаго. Нѣкоторыя туманности, разсматриваемыя даже въ хорошія подзорныя трубы, кажутся еще туманностями, но при примѣненіи болѣе сильнаго телескопа, онѣ совершенно теряютъ характеръ туманности и представляются нашему глазу въ видѣ чрезвычайно густого, тѣсно сплоченнаго скопленія звѣздъ.

Хотя, со введеніемъ болѣе совершенныхъ инструментовъ, многимъ туманностямъ пришлось отказать въ ихъ рангѣ и низвести ихъ на степень простыхъ звѣздныхъ скопленій, мы всетаки не имѣемъ права утверждать, что всѣ туманности составлены изъ отдѣльныхъ звѣздъ, напротивъ того намъ даже кажется болѣе вѣроятнымъ, что многія туманности изъ числа тѣхъ, которыхъ наши телескопы не въ состояніи были превратить въ обыкновенныя звѣзды, дѣйствительно состоятъ изъ чрезвычайно тонкаго, газообразнаго вещества. Телескопъ, конечно, не могъ въ данномъ случаѣ помочь разрѣшенію вопроса, но за то спектральный анализъ дѣйствительно подтвердилъ это предположеніе, основанное на теоріи Канта-Лапласа. Раскаленныя твердыя тѣла даютъ, какъ извѣстно, сплошной непрерывный спектръ, раскаленные-же газы только отдѣльныя свѣтлыя линіи; основываясь на этомъ различіи спектровъ твердыхъ и газообразныхъ тѣлъ, Гюгинсъ (Huggins) и показалъ впервые въ 1864 году, что небольшое туманное пятно въ созвѣздіи Дракона дѣйствительно представляетъ газообразную массу; съ тѣхъ поръ, конечно, этимъ способомъ спектральнаго анализа были изслѣдованы всѣ извѣстныя намъ туманныя пятна, и теперь уже можетъ считаться окончательно установленнымъ, что громадное число ихъ принадлежитъ къ дѣйствительнымъ туманностямъ.

Итакъ, въ нашей системѣ міра мы можемъ еще найти матерію въ томъ первобытномъ состояніи, въ которомъ нѣ-

когда, безконечное число столѣтій тому назадъ, находилась, по предположенію Канта и Лапласа, вся наша солнечная система;—фактъ, представляющій очень важный доводъ въ пользу ихъ теоріи. Но этого мало; намъ извѣстны туманности, открывающія передъ нами полную картину возникающей планетной системы, какова такъ называемая спиральная туманность въ созвѣздіи Охотничьихъ Собакъ, и дѣйствительно эта картина вполнѣ соотвѣтствуетъ тому представленію, которое даетъ намъ относительно образованія планетныхъ системъ наша теорія. Итакъ, въ различныхъ точкахъ неба мы можемъ прослѣдить тѣ различныя стадіи развитія, которыя въ строгомъ, опредѣленномъ порядкѣ прошла наша планетная система. Этой „смѣлой“, по выраженію Гельмгольца, теоріи принадлежитъ съ полнымъ правомъ еще и другое наименованіе, которое дано ей тѣмъ-же ученымъ, наименованіе „счастливаго удара“; поистинѣ, счастливый ударъ, открывшій передъ нами широкіе горизонты и освѣтившій намъ картину прошедшаго! въ этой-же теоріи нашелъ свое выраженіе и тотъ великій принципъ развитія, который съ такой полнотою былъ доказанъ и разъясненъ Дарвиномъ для органическаго міра.

Что эта мысль о развитіи давно уже находила должное признаніе среди астрономовъ, доказываютъ слова Литрова, относящіяся къ 1834 г.: „... при первомъ-же взглядѣ на нихъ (т. е. на туманныя пятна) нельзя воздержаться, вмѣстѣ съ В. Гершелемъ, отъ предположенія, что они находятся на различныхъ ступеняхъ своего роста и развитія. Какъ внимательный наблюдатель, вступая въ садъ, въ которомъ онъ однимъ взглядомъ можетъ обозрѣть тысячи растеній различныхъ видовъ и всевозможныхъ возрастовъ, тотчасъ-же признаетъ въ наблюдаемыхъ имъ переходахъ постепенное развитіе этихъ растеній, не имѣя даже необходимости съ трудомъ прослѣживать развитіе каждаго отдѣльнаго растенія отъ момента его возникновенія до конца его жизни, точно также можемъ мы, созерцая садъ неба во всей его безпредѣльности и всѣ его безчисленныя растенія въ различныхъ стадіяхъ ихъ развитія, составить себѣ на основаніи всѣхъ этихъ многообразныхъ формъ полное и ясное представленіе о постепенномъ развитіи небесныхъ тѣлъ. Несомнѣнно, что и эти полчища

звѣздъ, такъ же какъ и тотъ садъ и всѣ вообще творенія природы, не могли возникнуть вдругъ и совершенно въ томъ-же видѣ, въ которомъ мы нынѣ ихъ созерцаемъ. Небесныя тѣла требуютъ, можетъ быть, многихъ милліоновъ лѣтъ для того, чтобы достигнуть вполнѣ опредѣленной и правильной формы,—но, несмотря на то, они остаются такими-же дѣтьми времени, а все что произошло во времени, должно носить на себѣ его печать, должно претерпѣвать постепенное развитіе, а когда это развитіе, исполнивъ свое назначеніе, закончится, приходить въ разрушеніе.

Читателю можетъ показаться страннымъ, что при изложеніи теоріи Канта-Лапласа мы совершенно не упомянули о кометахъ, которыя вѣдь также принадлежатъ къ нашей солнечной системѣ; но, какъ будетъ видно, намъ казалось болѣе удобнымъ разсмотрѣть эти явленія отдѣльно.

ГЛАВА XV.

О кометахъ.

Кометы. — Суевѣрія, связанныя съ этими явленіями. — Хвосты кометъ.— Теорія Цёллнера.—Столкновенія земли съ кометами.—Изслѣдованія Бредихина о хвостахъ кометъ.

Вокругъ солнца вращается, кромѣ планетъ, еще громадное число другихъ свѣтилъ, которыя, даже при очень поверхностномъ наблюденіи, самымъ радикальнымъ образомъ отличаются отъ планетъ; это такъ называемыя кометы. Такое названіе эти міровыя тѣла получили благодаря своей формѣ; оно обозначаетъ, приблизительно, хвостатыя звѣзды и очень удачно характеризуетъ ихъ своеобразный видъ. Въ большихъ кометахъ мы обыкновенно можемъ различить свѣтлое, круглое ядро, окруженное болѣе слабо свѣтящейся, туманной оболочкой; эта оболочка на одной сторонѣ ядра удлиняется въ хвостъ, часто достигающій колоссальныхъ размѣровъ. Хвостъ въ большинствѣ случаевъ направленъ въ сторону, противуположную солнцу, и обыкновенно является загнутымъ въ большей или меньшей степени.

Между тѣмъ какъ планеты движутся по своимъ орбитамъ въ строгой зависимости отъ времени, кометы въ большинствѣ случаевъ появляются на небѣ совершенно

неожиданно; онѣ вновь исчезаютъ, описавъ среди неподвижныхъ звѣздъ путь, сильно отличающійся отъ путей планетъ. Это безпорядочное появленіе и исчезаніе, ихъ странная форма, ихъ громадное протяженіе, часто болѣе чѣмъ въ половину небеснаго свода, все это дѣлаетъ ихъ явленіями, выходящими изъ ряда вонъ и вполнѣ способными производить сильнѣйшее впечатлѣніе на фантазію человѣка. Съ давнихъ временъ внезапно появляющіяся на небѣ огненныя кометы вызывали ужасъ въ людяхъ и считались провозвѣстниками бѣдствій и несчастій человѣческаго рода. По повѣрію, онѣ предвѣщали войну, чуму, голодъ, — и дѣйствительно эти суевѣрныя предсказанія иногда оправдывались, такъ какъ ни кометы, ни человѣческія бѣдствія совсѣмъ не принадлежатъ къ слишкомъ рѣдкимъ событіямъ. Боязнь передъ кометами нашла наконецъ себѣ даже теоретическое обоснованіе; на основаніи представленій Аристотеля, который принималъ кометы за простыя явленія воздушной среды, за испаренія поднимающіяся изъ пещеръ и разсѣлинъ земли въ верхніе слои воздуха, воспламеняющіяся тамъ, нѣкоторое время перемѣщающіяся въ воздухѣ и наконецъ потухающія, образовалось ученіе, что истинной родиной всѣхъ кометъ является самъ адъ кромѣшный, изъ котораго отъ времени до времени ихъ выгоняютъ особо приставленные къ этому дѣлу духи, дабы вселить въ душу рода человѣческаго спасительный страхъ. Вотъ почему суевѣріе, приписывавшее кометамъ роль предвѣстниковъ всяческихъ несчастій, распространялось все сильнѣе и сильнѣе среди народа, и въ результатѣ привело къ тому, что всѣ средневѣковыя кометографіи являются скорѣе перечнями тѣхъ горестей и несчастій, которыя выпадали на долю человѣческаго рода, чѣмъ дѣйствительными описаніями кометъ. Когда-же, какъ нарочно, не удавалось найти ни одного пагубнаго событія, сопровождавшаго появленіе кометы, то средневѣковые мудрецы не затруднялись взваливать, въ своей наивности, на это несчастное явленіе такія обвиненія, которыя намъ могутъ показаться только забавными; такъ напримѣръ, въ лѣтописяхъ мы находимъ слѣдующія мѣста:

„Anno 1454. Комета и великое мордобитіе башмачнаго цеха въ Люнсбургскомъ кабакѣ“; или также:

„Anno 1668 появилась комета; за ней послѣдовалъ великій моръ кошекъ въ Вестфаліи"; не мало можно подыскать и другихъ подобныхъ мѣстъ.

Полная несостоятельность такихъ воззрѣній стала вполнѣ общепризнанной, когда ближе познакомились съ природой кометъ, и когда удалось доказать, что и своеобразныя движенія кометъ подчиняются тѣмъ-же общимъ законамъ, которые управляютъ движеніями планетъ. Намъ уже не за чѣмъ теперь доказывать, что появленіе кометъ также мало имѣетъ вліянія на судьбы человѣчества, какъ и констелляція планетъ; что кометы не оказываютъ также никакого дѣйствія на ходъ атмосферныхъ явленій, что онѣ совершенно не могутъ вліять на состояніе погоды, мы къ признанью этого пришли лишь послѣ того, какъ была вполнѣ установлена ихъ космическая природа.

Прежде всего мы приведемъ всѣ необходимыя данныя, касающіяся природы кометъ, причемъ не станемъ скрывать, что вопросъ объ ихъ природѣ далеко еще не можетъ считаться окончательно рѣшеннымъ. Уже Кеплеръ замѣтилъ, что хвостъ кометы образуется постоянно вновь благодаря истеченію вещества изъ ядра кометы, и онъ-же высказалъ мысль, что солнечные лучи, проходя чрезъ ядро кометы, увлекаютъ съ собою нѣкоторую часть его вещества. Слѣдовательно частицы, производящія свѣченіе хвоста кометы, не остаются постоянно однѣ и тѣ-же, а безпрестанно мѣняются, въ ядрѣ непрерывно идетъ образованіе новыхъ веществъ, которыя съ громадной скоростью устремляются вонъ изъ ядра, по прошествіи нѣкотораго времени утрачиваютъ способность свѣченія и теряются въ безднахъ неба. Вещество хвоста является очень разрѣженнымъ, несравненно болѣе разрѣженнымъ, чѣмъ вещество ядра, хотя даже сквозь самое ядро кометы часто можно замѣтить мерцаніе звѣздъ.

Ньютонъ пошелъ дальше и постарался опредѣлить ту скорость, съ которой вещество хвоста удаляется отъ ядра. Хвостъ кометы, какъ извѣстно, изогнутъ, и это даетъ возможность произвести надлежащее вычисленіе; если мы проведемъ соединительную линію отъ солнца къ хвосту кометы, то эта линія пересѣчетъ путь кометы въ томъ мѣстѣ, въ которомъ находилось ядро, когда изъ него выброшено было вещество, находящееся теперь въ концѣ хвоста. Такъ какъ

изъ наблюденій мы знаемъ то время, которое понадобилось кометѣ для передвиженія изъ первоначальнаго положенія въ настоящее ея мѣстонахожденіе, то слѣдовательно мы знаемъ также и время, потребное для перенесенія хвостоваго вещества отъ начала хвоста до его конца. Длина хвоста намъ тоже извѣстна, и такимъ образомъ мы располагаемъ всѣми данными, необходимыми для нашихъ выкладокъ.

Пользуясь этимъ способомъ Ньютона, Ольберсъ (Olbers) нашелъ, что вещество, находившееся 13 октября 1811 г. въ концѣ хвоста кометы, приблизительно 11 дней до того оставило ядро кометы. Хвостъ этой кометы имѣлъ въ длину 12 милліоновъ географическихъ миль, и это громадное пространство пройдено было веществомъ хвоста приблизительно въ 11 дней, т. е. со средней скоростью въ 12—13 географическихъ миль въ секунду.

Ольберсъ вывелъ тогда-же очень важное для пониманія природы кометъ слѣдствіе, что пары, испускаемые ядромъ и его своеобразной атмосферой, отталкиваются съ значительной силой, какъ самимъ ядромъ, такъ и солнцемъ, вслѣдствіе чего эти испаренія ядра скопляются главнымъ образомъ тамъ, гдѣ отталкивательная сила солнца начинаетъ брать перевѣсъ надъ таковой-же силой ядра.

Что вещество хвоста дѣйствительно образуется изъ ядра, поставлено новѣйшими открытіями внѣ всякаго сомнѣнія. Въ настоящее время, благодаря тѣмъ могущественнымъ средствамъ, которыми обладаетъ современная наблюдательная астрономія мы имѣемъ полную возможность открыть комету, прежде чѣмъ она станетъ замѣтной для нашего глаза, слѣдовательно въ такое время, когда она еще очень сильно удалена отъ солнца; при такихъ условіяхъ кометы, обыкновенно, совершенно лишены хвоста. Но какъ только комета начинаетъ приближаться къ солнцу, въ ядрѣ ея пробуждается сильная дѣятельность и постепенно начинается образованіе хвоста, первоначально являющагося въ видѣ отдѣльныхъ свѣтящихся полосъ, быстро ростущихъ, увеличивающихся въ числѣ и наконецъ сливающихся въ одинъ цѣльный пучекъ. Подзорная труба даетъ намъ возможность наблюдать всѣ измѣненія, происходящія въ ядрѣ; дѣятельность его, первоначально слабая, становится все сильнѣе и энергичнѣе, достигаетъ наибольшей напряженности въ

моментъ наибольшей близости солнца и затѣмъ опять падаетъ, по мѣрѣ удаленія отъ него. Отталкивательная сила ядра, слѣдовательно, зависитъ отъ близости солнца, фактъ, съ которымъ необходимо должна считаться каждая теорія кометъ.

Бессель, подвергнувшій чрезвычайно точному изслѣдованію комету 1835 года, также приходитъ къ тому результату, что вещество хвоста, безъ всякаго сомнѣнія, находится подъ дѣйствіемъ отталкивательной силы солнца.

Итакъ, передъ нами довольно трудная задача согласить два вышеупомянутыхъ факта: притяженіе ядра и отталкиваніе хвоста. Во всякомъ случаѣ, для насъ съ самаго начала должно быть ясно, что отталкивательная сила качественно должна различаться отъ притягательной, которая, конечно, не можетъ быть ничемъ инымъ, какъ всемірнымъ тяготѣніемъ. Основываясь на взглядахъ Ольберса и Бесселя, Целлнеръ создалъ особую теорію кометъ, вполнѣ удовлетворительно объясняющую своеобразную природу этихъ міровыхъ тѣлъ. Въ общихъ чертахъ эта теорія состоитъ въ слѣдующемъ:

Ядра кометъ представляютъ капельно-жидкіе, шарообразной формы, состоящія изъ воды или углеводородовъ (напр. нефти), тѣла, которыя при достаточной близости къ солнцу начинаютъ закипать на той сторонѣ, которая обращена къ солнцу. Во время кипѣнія образуются пузыри, наполненные паромъ, которые лопаясь разбрасываютъ жидкую массу во всѣ стороны, въ видѣ тончайшей пыли и тѣмъ вызываютъ электризацію ея. Наэлектризованные пары кометы отталкиваются одноименнымъ электричествомъ солнца и благодаря этому образуютъ свѣтящійся вслѣдствіе возбужденія электричества, состоящій изъ чрезвычайно разрѣженныхъ паровъ, хвостъ кометы.

Если комета, миновавъ точку наибольшей близости къ солнцу, станетъ вновь удаляться отъ солнца, то кипѣніе на поверхности ея должно постепенно ослабѣвать и наконецъ совершенно прекратиться. Кометы въ большинствѣ случаевъ имѣютъ очень незначительную массу; поэтому трудно предположить, чтобы комета, уже покинувшая мѣсто наибольшей близости къ солнцу и вновь устремившаяся въ міровое пространство, дѣйствительно могла опять собрать

въ своемъ ядрѣ все вещество, потраченное на образованіе хвоста, напротивъ того это вещество будетъ разсѣиваться все сильнѣе и сильнѣе и совершенно потеряется въ пространствѣ. Поэтому, если мы имѣемъ дѣло съ кометой, постоянно возвращающейся въ свое первоначальное положеніе, обращающейся вокругъ солнца по замкнутымъ путямъ (о чемъ далѣе), то такая комета при каждомъ возвращеніи будетъ терять часть своей массы; она, слѣдовательно, должна постоянно уменьшаться, пока наконецъ совершенно не исчезнетъ. Этотъ выводъ дѣйствительно подтверждается наблюденіями, произведенными въ теченіе послѣднихъ десятилѣтій. Прекрасный примѣръ, въ этомъ отношеніи, представляетъ третья комета 1874, появившаяся въ серединѣ іюня, въ хвостѣ которой образовалась настолько замѣтная перетяжка, что безъ всякаго сомнѣнія должно было наступить полное отдѣленіе отставшей части отъ головы. Еще опредѣленнѣе это можно было замѣтить на кометѣ 1882 года, отъ которой, спустя нѣкоторое время послѣ прохожденія ею точки наибольшей близости къ солнцу, нѣсколько разъ отдѣлялись туманныя массы, очень быстро таявшія и наконецъ совершенно безслѣдно исчезавшія. Одинъ изъ самыхъ замѣчательныхъ случаевъ представляетъ такъ называемая комета Біела (Biela), которая прямо на глазахъ астрономовъ раздѣлилась на двѣ части. Эта комета, наблюдавшаяся астрономами еще въ 1770 и въ 1806 годахъ, вновь была найдена ученымъ Біела въ 1826, но ни въ этомъ году, ни при слѣдующемъ ея появленіи въ 1837, въ ней не было замѣчено ничего особеннаго. Въ 1839 году не удалось наблюдать эту комету, вслѣдствіе ея неблагопріятнаго положенія; также и въ 1845 году она не представляла первоначально ничего особеннаго; но уже въ концѣ декабря два американскихъ астронома замѣтили, что ее сопровождаетъ какая-то туманность. Въ серединѣ января 1846 года можно было наблюдать это необычайное явленіе болѣе подробно, и вскорѣ, благодаря увеличившейся близости кометы, оно пріобрѣло такую ясность, что его можно было видѣть даже въ слабые телескопы. Около середины февраля, на обѣихъ туманностяхъ можно было замѣтить слѣды хвостовъ, направленныхъ перпендикулярно къ соединительной линіи ихъ головъ. Что эта комета дѣйствительно раздѣлилась

въ 1845 году на двѣ части, а не была, какъ принимали первоначально, съ самаго начала двойной, чего дескать просто не примѣтили при первыхъ ея проявленіяхъ, въ этомъ убѣждаютъ насъ наблюденія 1852 года, доказавшія, что къ этому году разстояніе между головами туманностей возросло болѣе чѣмъ въ девять разъ противъ разстоянія 1846 года. Впрочемъ въ 1852 году комета была значительно болѣе удалена отъ земли, чѣмъ въ 1846, и видна была въ теченіе очень короткаго времени, да и то сравнительно слабо. Съ тѣхъ поръ еще пять разъ должно было произойти возвращеніе кометы къ солнцу; но ея никто уже болѣе не видѣлъ; даже въ 1865 году, когда комета должна была находиться въ очень благопріятныхъ условіяхъ для наблюденія, ее не удалось замѣтить; такимъ образомъ въ ея полномъ исчезновеніи теперь уже не можетъ быть никакого сомнѣнія.

Само собою разумѣется, что тотъ процессъ разрушенія, который представляетъ намъ комета Біела, есть только послѣднее звено болѣе длинной цѣпи. Сперва кометы утрачиваютъ свое жидкое ядро—вмѣстѣ съ этими прекращается новое образованіе пара и разбрасываніе измельченной въ пыль жидкости; но тѣмъ-же самымъ уничтожается причина электризаціи и электрическаго отталкиванія солнечнымъ электричествомъ; подобная комета, по теоріи Целлнера, не можетъ образовать хвоста, и въ дѣйствительности мы знаемъ много кометъ, совершенно лишенныхъ ядра и цѣликомъ состоящихъ изъ парообразныхъ массъ.

Противъ теоріи Целлнера, по которой силой, обусловливающей образованіе хвоста кометы, является электрическое дѣйствіе солнца, приводили слѣдующее возраженіе. Если на какомъ нибудь тѣлѣ возбуждается электричество, то всегда образуются одинаковыя количества положительнаго и отрицательнаго электричества, дѣйствія которыхъ на нѣкоторую электрическую частицу, находящуюся внѣ даннаго тѣла, должны взаимно уничтожаться. Въ силу этого и на солнцѣ должны быть представлены оба вида электричества, и слѣдовательно не можетъ быть и рѣчи о какомъ либо электрическомъ дѣйствіи солнца на разстояніи.

Оспаривая приведенное возраженіе противъ его теоріи, Целлнеръ указалъ на то, что носители различныхъ элек-

тричествъ далеко не въ одинаковыхъ количествахъ распредѣлены на поверхности солнца, что пары и газы (такъ называемыя протуберанцы), съ ужасающей силой выбрасываемые изъ внутренности солнца, уносятъ съ собою одинъ родъ электричества, по всей вѣроятности положительное, и разсѣиваютъ его въ планетныхъ пространствахъ, тогда какъ само солнце получаетъ электрическій зарядъ противуположнаго знака, именно отрицательный. Здѣсь происходитъ нѣчто подобное тому, что мы имѣемъ въ паровомъ котлѣ; если мы откроемъ предохранительный клапанъ и станемъ выпускать изъ него паръ, то тотчасъ же замѣтимъ, что котелъ наэлектризируется отрицательно, между тѣмъ какъ выходящій изъ него паръ получитъ положительный зарядъ.

Что касается до ядра кометы, то оно никогда не получаетъ достаточно рѣзкихъ очертаній, а очень постепенно и незамѣтно переходитъ въ окружающую его парообразную оболочку. Геренсье полагалъ, что прохожденіе кометы передъ солнечнымъ дискомъ во многомъ могло бы способствовать изученію строенія головы кометы; но когда большая комета 1882 года дѣйствительно пересѣкла на нашихъ глазахъ солнечный дискъ, то оказалось, что надеждамъ этимъ не суждено сбыться. 17 Сентября эта комета находилась въ непосредственной близости къ солнцу, и можно было отлично видѣть, какъ она постепенно начала надвигаться на солнечный дискъ. Но противъ всякихъ ожиданій, комета стала совершенно невидимой, какъ только перемѣстилась въ область солнечнаго диска, такъ что астрономъ Гульдъ (Gould) въ Кордовѣ, которому еще не былъ съ достаточной точностью извѣстенъ путь кометы, и который поэтому не могъ знать, пройдетъ ли комета передъ солнцемъ, если считать отъ земли, или за солнцемъ, счелъ себя вынужденнымъ прибѣгнуть къ послѣднему предположенію. Изъ того факта, что комета передъ блестящимъ солнечнымъ дискомъ становится совершенно невидимой, прямо слѣдуетъ выводъ, что объемъ ядра долженъ быть очень невеликъ.

Это послѣднее слѣдствіе позволяетъ намъ освѣтить надлежащимъ образомъ то новое видоизмѣненіе страха передъ кометами, которое такъ сильно распространилось въ

послѣднее время. Старое воззрѣніе, считавшее кометы предвѣстниками несчастій и бѣдствій, смѣнилось, повидимому, болѣе обоснованной боязнью, что когда-нибудь одна изъ этихъ кометъ, въ своемъ слѣпомъ и безпорядочномъ движеніи, столкнется съ землею и погребетъ ее подъ своими развалинами. Возможности такого столкновенія, при громадномъ числѣ кометъ—Кеплеръ говоритъ, что кометъ столько же въ небесныхъ пространствахъ, сколько рыбъ въ океанѣ—при неправильности и безпорядочности ихъ путей и при ихъ колоссальныхъ размѣрахъ, конечно, нельзя отрицать съ астрономической точки зрѣнія; но оно наврядъ ли повлечетъ за собою столь ужасныя, гибельныя послѣдствія, какъ это любятъ изображать намъ тѣ, кто считаютъ возможнымъ предсказывать даже день и часъ, когда произойдетъ разрушеніе міра вслѣдствіе столкновенія съ одной изъ кометъ.

Столкновеніе земли съ кометой могло-бы дѣйствительно принять очень плачевный оборотъ для нашей планеты, если-бы масса кометы была-бы хоть въ отдаленнѣйшей степени сравнима съ тѣмъ неимовѣрно большимъ объемомъ, который онѣ занимаютъ. Но, какъ показываютъ факты, массы, которыми обладаютъ кометы, несмотря на необыкновенную величину кометъ, чрезвычайно ничтожны по сравненію съ массой земли, такъ что намъ совершенно нечего бояться не только столкновенія съ какой-нибудь кометой, но даже и простого приближенія ея;—напротивъ того планета можетъ оказаться очень вліятельнымъ факторомъ по отношенію къ кометѣ. Прекрасный примѣръ этому представляетъ комета 1770, которая въ 1767 изъ отдаленнѣйшихъ областей мірового пространства проникла въ нашу солнечную систему и при этомъ очень сильно приблизилась къ Юпитеру, могущественной планетѣ нашей системы. Результатомъ этого было то, что путь кометы получилъ радикальное измѣненіе: комета надолго была закрѣплена за нашей системой и совершала свои обороты вокругъ солнца по эллипсу, со временемъ полнаго обращенія въ пять лѣтъ и 219 дней. Дважды она безпрепятственно совершала свой оборотъ—подходила къ землѣ на такое близкое разстояніе, какъ еще ни одна комета до нея —въ 1779 году она вновь пересѣкла путь Юпитера, который находился какъ разъ вблизи мѣста

пересѣченія, настолко близко, что комета, по всей вѣроятности, проскользнула между нимъ и его спутниками. Послѣдствіемъ этого вторичнаго сближенія Юпитера и кометы оказалось новое измѣненіе пути кометы, настолько значительное, что намъ уже наврядъ-ли когда-нибудь удастся привѣтствовать эту комету, какъ часть нашей планетной системы; на Юпитеръ и его спутники, масса которыхъ не можетъ считаться особенно значительной, эта встрѣча не произвела ровно никакого дѣйствія. Кромѣ того нельзя не упомянуть, что въ теченіе нашего столѣтія земля по еньмшей мѣрѣ уже два раза проходила чрезъ хвостъ кометъ; первый разъ въ 1819, второй разъ 29 Іюня 1861 года, когда земля находилась въ предѣлахъ хвоста большой кометы этого года. Эти „столкновенія“ проходили такъ безслѣдно, что объ нихъ и узнали-то лишь послѣ того, какъ они уже миновали, изъ результатовъ вычисленія путей кометы. Впрочемъ землѣ уже нѣсколько разъ приходилось сталкиваться съ кометами: какъ мы увидимъ ниже, обильное паденіе метеоровъ или такъ называемый каменный дождь есть ни что иное, какъ низверженіе небольшой кометы на нашу землю.

Мы упомянемъ здѣсь еще о новѣйшихъ изслѣдованіяхъ московскаго ученаго Бредихина, касающихся физической природы кометныхъ хвостовъ, въ виду тѣхъ въ высшей степени замѣчательныхъ результатовъ, къ которымъ они привели. На каждую частицу, извергнутую ядромъ кометы, дѣйствуютъ, кромѣ отталкивательной силы самого ядра кометы, которая, по всей вѣроятности, настолько мала, что можетъ дѣйствовать лишь на небольшія разстоянія, еще двѣ силы, исходящія отъ солнца, его притягательная сила и его отталкивательная электрическая сила. Дѣйствіе первой силы зависитъ, какъ мы уже знаемъ, исключительно отъ массы, дѣйствіе второй напротивъ того отъ величины поверхности подвижной частицы; зависимость отъ разстоянія для обѣихъ силъ совершенно одинакова и слѣдовательно ее не зачѣмъ принимать во вниманіе. Чѣмъ меньше поверхность, тѣмъ сильнѣе дѣйствіе электрической силы; такимъ образомъ движенія болѣе крупныхъ тѣлъ обусловливаются главнымъ образомъ силой притяженія, тогда какъ на движенія болѣе мелкихъ тѣлъ преимущественно вліяетъ

сила электрическаго отталкиванія. Въ силу этого скорость, съ которою вещество хвоста удаляется отъ ядра кометы, должна зависѣть отъ величины частицъ; а такъ какъ, въ свою очередь, отъ этой скорости зависитъ форма хвоста, то по относительной величинѣ частицъ можно, слѣдовательно, заключить о формѣ хвоста, которую онѣ должны произвести. Бредихинъ доказалъ, что существуютъ три типа кометныхъ хвостовъ, именно такіе, въ которыхъ отталкивательная сила въ 11—12 разъ превосходитъ силу солнечнаго притяженія, такія, въ которыхъ первая сила превосходитъ вторую въ 1—1,5 разъ, и наконецъ такіе, въ которыхъ первая сила составляетъ лишь $0{,}_2$ второй силы. Къ первому типу принадлежатъ хвосты длинные и узкіе, ко второму—болѣе широкіе и изогнутые, наконецъ къ третьему—короткіе, толстые пучки. Если далѣе принять во вниманіе, что скорость, которой достигаютъ атомы хвостоваго вещества, находится въ обратномъ отношеніи къ ихъ молекулярнымъ вѣсамъ, и затѣмъ не оставить безъ разсмотрѣнія также и того факта, что кометы второго типа при изученіи ихъ спектровъ, въ большинствѣ случаевъ, даютъ линіи углеводородовъ, то мы въ правѣ будемъ сдѣлать предположеніе, что хвосты перваго типа, по всей вѣроятности, состоятъ изъ водорода, а хвосты третьяго типа—изъ частицъ желѣза. Если у кометы приходилось наблюдать два хвоста, то они непремѣнно принадлежали къ различнымъ типамъ; у нѣкоторыхъ кометъ были даже всѣ три типа.

II.

Пути кометъ. — Періодически возвращающіяся кометы. — Времена полныхъ обращеній.—Происхожденіе кометъ.—Системы кометъ.

Насколько кометы по своей формѣ отличаются отъ планетъ, настолько же отличны и формы ихъ путей; то совершенно обособленное положеніе, которое признается за ними въ этомъ отношеніи даже самымъ простымъ, безъискусственнымъ наблюденіемъ, предоставляется имъ и научной астрономіей. Форма планетныхъ путей очень проста; и всетаки видимый путь планетъ является довольно запутаннымъ; если какая-нибудь планета, скажемъ напримѣръ

Марсъ, вращается вокругъ солнца по почти правильному круговому пути, то, несмотря на такую правильность ея истиннаго пути, кажущееся движеніе планеты можетъ намъ представляться чрезвычайно неправильнымъ и запутаннымъ по той простой причинѣ, что земля сама находится въ вращательномъ движеніи вокругъ солнца и слѣдовательно мѣсто наблюденія изслѣдователя безпрестанно мѣняется въ міровомъ пространствѣ. Видимый путь кометъ сильно отличается отъ видимаго пути планетъ, слѣдовательно ужъ по этому одному можно было заключить, прежде чѣмъ установлена была истинная форма путей кометъ, что видъ ихъ путей сильно долженъ отличаться отъ формы планетнаго пути.

Много времени прошло въ тщетныхъ поискахъ такой теоріи, которая съ достаточной точностью могла бы объяснить видимое движеніе кометъ. Дерфель, пасторъ мѣстечка Плауенъ въ Фохтландѣ, основываясь на явленіи большой кометы 1680 и 1681, впервые сдѣлалъ предположеніе относительно формы пути кометъ, которое благодаря изслѣдованіямъ Ньютона получило болѣе точное опредѣленіе и подтвержденіе. Между тѣмъ какъ форма планетнаго пути, какъ уже было сказано, близко подходитъ къ формѣ круга, путь кометъ представляется очень вытянутымъ и удлиненнымъ; такой путь допускаетъ лишь очень кратковременное пребываніе кометы вблизи солнца и на большую часть времени обращенія заставляетъ ихъ удаляться въ такія отдаленныя области, гдѣ ихъ не въ состояніи открыть даже самые сильные телескопы.

Это обстоятельство составляетъ для астрономовъ большое зло, именно въ томъ отношеніи, что благодаря ему сильно затрудняется задача точнаго вычисленія пути. Комету мы видимъ въ теченіе очень короткаго промежутка времени и, на основаніи наблюденій, продолжавшихся можетъ быть всего нѣсколько недѣль, должны построить путь, для прохожденія котораго иногда требуются цѣлыя тысячелѣтія. Въ виду этого астрономія принуждена отказаться отъ прямого разрѣшенія вопроса; она признаетъ время полнаго обращенія величиной неопредѣленной и довольствуется опредѣленіемъ положенія пути въ пространствѣ и возможно точнымъ измѣреніемъ разстоянія кометы отъ солнца во

время наибольшей близости ея къ солнцу; для опредѣленія-же продолжительности времени полнаго обращенія она пытается найти другіе способы и средства. Эти способы сводятся къ слѣдующему. При появленіи кометы, тотчасъ-же вычисляютъ всѣ необходимыя для опредѣленія ея положенія по отношенію къ солнцу величины, такъ называемыя элементы ея пути, и сравниваютъ ихъ съ элементами пути всѣхъ раньше появлявшихся кометъ. Если между послѣдними найдется комета, путь которой во всѣхъ частяхъ сходенъ съ новымъ путемъ, то можно съ значительной вѣроятностью утверждать, что мы имѣемъ дѣло не съ новой кометой, не съ чужаниномъ, а съ кометой возвратившейся, совершившей свое полное обращеніе по замкнутому пути вокругъ солнца, въ нѣкоторый конечный промежутокъ времени.

Такой пріемъ былъ предложенъ еще Галлеемъ; этимъ ученымъ была сдѣлана первая попытка вычислить пути ранѣе появлявшихся кометъ на основаніи показаній древнихъ писателей, насколько конечно это было возможно; въ 1705 году онъ предложилъ на разсмотрѣніе лондонской академіи первый списокъ путей кометъ, въ которомъ содержались элементы пути для 24 кометъ. Между изслѣдованными имъ кометами оказались двѣ, именно комета 1531 и комета 1607, элементы пути которыхъ не только вполнѣ согласовались между собою, но также и столь близко сходились съ элементами пути кометы 1682, насколько это вообще возможно было при тѣхъ сравнительно несовершенныхъ наблюденіяхъ, которыми приходилось пользоваться Галлею. Поэтому онъ и не поколебался объявить всѣ эти три кометы за явленія одного и того-же небеснаго тѣла, совершающаго свое полное обращеніе вокругъ солнца приблизительно въ 76 лѣтъ. Еще вѣроятнѣе становится его предположеніе благодаря тому, что въ 1456 году, отстоящемъ на время полнаго обращенія отъ 1541 года, было также замѣчено появленіе большой кометы, хотя и не было произведено надлежащихъ наблюденій надъ ея движеніемъ, которыми можно-бы было воспользоваться для вычисленія ея пути. Галлей и эту комету призналъ тождественной съ кометами годовъ 1531, 1607 и 1682 и предсказалъ ея слѣдующее появленіе въ 1759 году. Его предсказаніе дѣйстви-

тельно сбылось; съ тѣхъ поръ эта комета, которую въ честь ученаго, открывшаго время ея обращенія вокругъ солнца, назвали Галлеевой, еще разъ вернулась къ намъ въ 1835 году; въ слѣдующій разъ она достигнетъ наибольшей близости къ солнцу 17 мая 1911 года.

Кромѣ Галлеевой кометы, мы знаемъ теперь еще цѣлый рядъ другихъ періодически возвращающихся кометъ. Наиболѣе короткимъ періодомъ обращенія изъ всѣхъ этихъ кометъ обладаетъ комета Энке, совершающая полный оборотъ вокругъ солнца въ $3^1/_3$ года; ее удалось уже наблюдать 24 раза. Энке призналъ ее въ 1819 году періодически возвращающейся кометой; до того, при каждомъ новомъ появленіи этой кометы, ее постоянно открывали вновь.

Комета Энке особенно замѣчательна тѣмъ, что время ея полнаго обращенія, согласно изслѣдованіямъ Энке, повидимому уже понемногу уменьшается; въ періодъ времени отъ 1825 до 1852 года (девять полныхъ періодовъ обращенія), при каждомъ слѣдующемъ возвращеніи комета достигала ближайшей точки къ солнцу приблизительно на $2^1/_2$ часа раньше, чѣмъ слѣдовало бы по вычисленію. Энке попробовалъ объяснить это явленіе при помощи гипотезы, впервые предложенной Ольберсомъ, по которой міровое пространство предполагается наполненнымъ чрезвычайно тонкимъ веществомъ, представляющимъ значительное сопротивленіе движенію свѣтилъ и потому замедляющимъ ихъ ходъ, какъ тормазъ замедляетъ движеніе колеса. Но какъ только произойдетъ замедленіе въ движеніи свѣтила, тотчасъ-же уменьшится и его способность преодолѣвать притяженіе солнца; наше небесное тѣло приблизится къ солнцу, благодаря чему произойдетъ укороченіе его пути, а слѣдовательно и сокращеніе времени полнаго обращенія; въ концѣ концовъ, по прошествію неизмѣримаго числа столѣтій, наше свѣтило сольется съ солнцемъ.

Но, какъ оказалось, сокращеніе времени полнаго обращенія наблюдалось, при послѣдующихъ возвращеніяхъ кометы, далеко не всегда; въ нѣкоторыхъ случаяхъ сокращеніе, повидимому, совсѣмъ не было; такъ напримѣръ, такого сокращенія совершенно нельзя было доказать въ періодъ времени отъ 1865 года до 1871 года. Это обстоятель-

ство безусловно говоритъ противъ защищаемой Энке гипотезы, противъ которой возражалъ уже Бессель, приводя тотъ доводъ, что, хотя эта гипотеза и объясняетъ сокращеніе времени полнаго обращенія, но зато ею далеко не исчерпываются всѣ тѣ различныя силы, изъ которыхъ каждая можетъ имѣть совершенно такое-же дѣйствіе. И въ самомъ дѣлѣ, при ничтожности массы кометъ, вышеприведенное электрическое дѣйствіе солнца должно имѣть очень замѣтное вліяніе на время полнаго обращенія кометы.

Формой пути кометъ, столь сильно отличающейся отъ формы планетныхъ путей, обусловливаются очень многія отношенія кометъ, слишкомъ сильно отличающіяся отъ тѣхъ отношеній, которыя представляютъ планеты. Особенно поучительный примѣръ этого рода даетъ намъ комета 1680. Уже было упомянуто ранѣе, что, пользуясь данными единичнаго появленія кометы, невозможно вычислить вполнѣ точно время полнаго обращенія этой кометы; мы имѣемъ однако возможность получить приблизительно вѣрныя числа: Энке вычислилъ для этой кометы время полнаго обращенія въ 8800 лѣтъ. Во время своей наибольшей близости къ солнцу эта комета удалена отъ поверхности солнца приблизительно на 232.000 километровъ, т. е. на шесть десятыхъ разстоянія луны отъ земли, въ наиболѣе-же удаленной отъ солнца точкѣ пути ее отдѣляютъ отъ солнца 126.800 милліоновъ километровъ, т. е. разстояніе, въ 28 разъ превосходящее разстояніе Нептуна отъ солнца. Еще понятнѣе станетъ для насъ значеніе этихъ чиселъ, если мы примемъ для разсматрѣнія крайности другого рода, напр. освѣщенія и нагрѣванія, проистекающія изъ того-же громаднаго различія въ разстояніяхъ. Въ самой отдаленной точкѣ пути, солнце должно представляться этой кометѣ не большей величины, чѣмъ нашъ Сиріусъ, самая яркая неподвижная звѣзда неба; на такомъ разстояніи, слѣдовательно, комета не можетъ уже больше получать отъ солнца ни свѣта, ни тепла; въ мѣстѣ наибольшей близости къ солнцу, наоборотъ, комета эта освѣщается и нагрѣвается въ 25.800 разъ сильнѣе, чѣмъ земля, и принуждена поэтому выдерживать жаръ, въ нѣсколько тысячъ разъ превосходящій температуру плавленія нашихъ самыхъ тугоплавкихъ металловъ. Можно-ли послѣ этого

удивляться, что, вслѣдствіе такой непосредственной близости къ солнцу, все тѣло кометы раскаляется до чрезвычайной степени, благодаря чему она становится видимой даже днемъ, въ ближайшемъ сосѣдствѣ съ солнцемъ; по той-же причинѣ часть массы улетучивается и разсѣивается, вызывая тѣмъ образованіе громадныхъ хвостовъ. Съ подобными-же крайностями мы встрѣтимся и при разсмотрѣніи скоростей, съ которыми разбираемая нами комета движется въ различныхъ частяхъ своего пути. Въ точкахъ, наиболѣе близкихъ къ солнцу, она несется со скоростью въ 530 километровъ въ секунду, въ частяхъ же своего пути, наиболѣе удаленныхъ отъ солнца, она плетется съ ничтожной скоростью въ четыре метра. Итакъ, слѣдовательно, между тѣмъ какъ въ послѣднемъ случаѣ наша комета разсѣкаетъ міровыя пространства съ половинной скоростью обыкновеннаго поѣзда, вблизи солнца она достигаетъ такой быстроты въ своемъ движеніи, что, сохраняя свою скорость, могла-бы совершить кругосвѣтное путешествіе вокругъ земли въ менѣе чѣмъ 40 минутъ.

Такихъ приблизительныхъ вычисленій произведено было очень много; такъ напримѣръ, Ауверсъ нашелъ для кометы 1861 года время полнаго обращенія равнымъ 601 году. Брунсъ для кометы Донати опредѣлилъ его въ 2101 годъ и т. д. Но нерѣдко вычисленіе времени полнаго обращенія приводитъ къ громаднымъ числамъ, которыя дѣлаютъ вообще сомнительной возможность возвращенія кометы какъ практически, такъ и теоретически. Несомнѣнно, что при неизмѣримо долгомъ времени обращенія и разстояніе кометы отъ солнца должно быть чрезвычайно громаднымъ, а при этомъ очень легко можетъ случиться, что комета попадетъ въ сферу притяженія какого-нибудь другого солнца, слѣдовательно какой-либо неподвижной звѣзды, и никогда уже болѣе не возвратится къ нашему солнцу.

Такой свободы передвиженія не досталось въ удѣлъ планетамъ нашей системы, и это приводитъ насъ къ заключенію, что кометы, движущіяся въ предѣлахъ нашей системы, по происхожденію своему отличны отъ нашего солнца, его планетъ и спутниковъ этихъ послѣднихъ. Мы должны признать ихъ дѣтьми всего мірозданья, родина ихъ—тѣ міровыя пространства, которыя имъ суждено про-

летать въ вѣчномъ движеніи; нерѣдко имъ приходится подчиниться строго размѣренному порядку, для многихъ изъ нихъ та система, къ которой онѣ довѣрчиво примыкаютъ, превращается въ могилу; но часто тѣ-же обстоятельства, которыя наложили на нихъ оковы, освобождаютъ ихъ отъ ненавистныхъ имъ узъ, какъ мы это видѣли на кометѣ 1770 года.

Намъ извѣстны еще двѣ особенности путей кометъ, которыя подтверждаютъ абсолютность ихъ положенія и дѣлаютъ совершенно невозможнымъ предположеніе, что кометы имѣютъ общее происхожденіе съ нашей планетной системой.

Мы уже упоминали о томъ въ высшей степени замѣчательномъ фактѣ, относящемся къ строенію планетной системы, что плоскости путей планетъ и ихъ спутниковъ почти совпадаютъ другъ съ другомъ, и что направленіе вращательнаго движенія вокругъ солнца для всѣхъ планетъ одно и то-же. Этотъ фактъ является самой мощной опорой Кантъ-Лапласовой теоріи, по которой наша планетная система образовалась изъ вращающагося газоваго шара. Но такъ какъ этотъ фактъ по отношенію къ кометамъ не имѣетъ мѣста, то и невозможно, чтобы кометы также произошли изъ этого газообразнаго шара.

Какъ оказывается, плоскости путей кометъ не совпадаютъ ни между собою, ни съ плоскостями планетныхъ путей. Представимъ, ради наглядности, что передъ нами на столѣ лежитъ модель планетной системы; въ такомъ случаѣ пути всѣхъ планетъ будутъ приблизительно совпадать съ доской стола; совсѣмъ не то для кометъ; плоскости ихъ путей станутъ пересѣкать доску стола подъ всевозможными углами.

Направленіе, въ которомъ происходитъ вращеніе планетъ вокругъ солнца, мы обозначаемъ прямымъ, противоположное направленіе движенія—обратнымъ; астрономія кометъ учитъ насъ, что нѣкоторыя изъ нихъ вращаются по прямому направленію, другія-же по обратному, такъ что и въ этомъ отношеніи не является возможнымъ отрицать ихъ чужеземнаго происхожденія. Но если кометы не могутъ считаться дѣтьми нашей системы, то и между собою онѣ находятся въ очень сомнительномъ родствѣ. Все что мы можемъ сказать въ этомъ отношеніи, это то, что всѣ онѣ несомнѣнно

космическаго происхожденія. Во всякомъ случаѣ, однако, существуютъ кометы, тѣснаго родства которыхъ между собою нельзя отрицать, и которыя считаются принадлежащими къ такъ называемымъ кометнымъ системамъ. Если элементы пути двухъ кометъ совершенно совпадаютъ, то мы отсюда заключаемъ о ихъ тожественности; въ нѣкоторыхъ случаяхъ однако кометы движутся по совершенно почти одинаковымъ путямъ, а между тѣмъ болѣе точное вычисленіе показываетъ, что онѣ не могутъ быть тождественны. Такъ какъ само по себѣ въ высшей степени невѣроятно, чтобы двѣ кометы, не имѣющія ничего общаго между собою, двигались по совершенно одинаковымъ путямъ, то относительно двухъ кометъ, представляющихъ приблизительно одинаковые пути, можно заключить, что онѣ имѣютъ общее происхожденіе или-же находились нѣкогда въ непосредственной связи другъ съ другомъ. Распаденіе кометы Біела на двѣ самостоятельныя части уже было описано. Въ наукѣ извѣстны и другіе случаи раздѣленія кометъ на части; но еще болѣе замѣчательны для насъ кометы, одновременно движущіяся по одному и тому-же пути, на большихъ разстояніяхъ другъ отъ друга. Очень интересный примѣръ такой кометной системы представляютъ кометы 1843, 1880 и 1882 годовъ.

Для кометы 1843 года удалось очень точно опредѣлить элементы пути; время полнаго обращенія установлено для нея въ 533 года, направленіе движенія считалось обратнымъ. Комета прошла на очень небольшемъ разстояніи отъ солнца, всего на разстояніи 129.000 километровъ отъ поверхности солнца.

Въ 1880 году вновь появилась комета, элементы пути которой настолько совпадали съ элементами пути кометы 1843 года, что многіе считали возможнымъ признать полную тожественность обѣихъ кометъ. Но вѣдь отъ 1843 до 1880 года не протекло еще 533 лѣтъ, и вотъ астрономы увидѣли себя въ затрудненіи, для устраненія котораго они придумали надлежащее объясненіе. Близость кометы къ солнцу, разъясняли они, была настолько велика, что ей пришлось по всей вѣроятности пройти чрезъ солнечную атмосферу, что должно было сильно затруднить движеніе и вызвать сокращеніе времени обращенія.

1882 годъ доказалъ намъ, что такое объясненіе было совершенно излишнимъ. Именно, въ сентябрѣ этого года вновь появилась комета, элементы пути которой также вполнѣ совпадали съ элементами пути кометъ 1843 и 1880 годовъ. Время полнаго обращенія этой кометы опредѣлили въ 772 года. Удалось доказать, что болѣе короткимъ временемъ обращенія эта комета не можетъ обладать, поэтому можно было съ полной увѣренностью принять, что данная комета, несмотря на полное сходство ея элементовъ пути съ элементами пути двухъ предшествовавшихъ кометъ, ни въ какомъ случаѣ не тожественна съ этими послѣдними. Всѣ эти три кометы, а, можетъ быть, также и нѣкоторыя другіе, появлявшіяся въ прежнія столѣтія вблизи солнца, относительно которыхъ однако не имѣется достаточно опредѣленныхъ данныхъ для того, чтобы вполнѣ точно вычислить ихъ путь, движутся вокругъ солнца по одному и тому же пути, принадлежатъ къ одной общей кометной системѣ, и потому, по всей вѣроятности, имѣютъ также общее происхожденіе.

ГЛАВА XVI.

О метеоритахъ, метеорахъ и падающихъ звѣздахъ.

Паденіе метеоровъ.—Химическій составъ метеоритовъ.—Огненные шары.—Скорость метеоритовъ.—Періодичность явленія падающихъ звѣздъ.—Звѣздный дождь въ августѣ и ноябрѣ.—Связь падающихъ звѣздъ съ кометами.

Ради полноты изложенія мы упомянемъ здѣсь еще о тѣхъ, по сравненію съ планетами чрезвычайно ничтожныхъ, міровыхъ тѣлахъ, которыя извѣстны въ наукѣ подъ названіями падающихъ звѣздъ, метеоритовъ и метеоровъ (огненныхъ шаровъ).

Падающія звѣзды образуютъ совершенно самостоятельную группу, между тѣмъ какъ метеоры и метеориты, съ астрономической точки зрѣнія, могутъ быть соединены въ одинъ общій отдѣлъ. Опредѣляющимъ моментомъ для такого раздѣленія на группы служатъ пути этихъ міровыхъ тѣлъ; пути ихъ сходны въ томъ отношеніи, что не имѣютъ ничего общаго съ планетарными путями движенія, почему и слѣдуетъ искать происхожденія этихъ міровыхъ тѣлъ

внѣ нашей планетной системы; пути движенія падающихъ звѣздъ оказываются вполнѣ сходными съ путями кометъ, между тѣмъ какъ для метеоровъ и метеоритовъ такого сходства совершенно не существуетъ. Метеоры и метеориты такъ же, какъ и неперіодическія кометы, внезапно возникаютъ изъ нѣдръ мірового пространства и также внезапно вновь исчезаютъ въ его безднахъ, но движеніе ихъ происходитъ по путямъ совершенно иной формы, чѣмъ та, которая намъ извѣстна для кометъ, и поэтому нельзя, не имѣя никакихъ другихъ основаній для этого, предполагать родственную зависимость между метеорами и кометами.

Уже въ древности былъ извѣстенъ тотъ фактъ, что отъ времени до времени съ неба падаютъ камни, иногда въ громадныхъ количествахъ; какъ древніе писатели, такъ и хроникеры среднихъ вѣковъ упоминаютъ о такихъ случаяхъ метеорныхъ камней. Но явленіе это было еще настолько плохо изслѣдовано, что Парижская Академія Наукъ, уже въ концѣ 18-го столѣтія, сочла возможнымъ отнести всѣ сообщенія, касавшіяся этого явленія, въ область сказокъ и прямо отказалась вѣрить въ дѣйствительность падающихъ метеорныхъ камней. Одновременно съ этимъ заявленіемъ Парижской Академіи, нѣмецкій физикъ Хладни (Chladni) выступилъ въ защиту существованія этихъ міровыхъ тѣлъ, причемъ впервые указалъ на ихъ космическое происхожденіе; Парижскую Академію окончательно убѣдилъ въ правильности воззрѣній Хладни лишь сильный метеорный дождь, случившійся въ Эглѣ (1803), для изслѣдованія котораго былъ посланъ членъ академіи, физикъ Біо. Этому ученому пришлось подтвердить полученныя ранѣе академіей сообщенія. Въ продолженіе послѣдующихъ лѣтъ случилось еще нѣсколько выпаденій метеорныхъ камней, которыя уже окончательно положили конецъ всякимъ сомнѣніямъ относительно этого явленія. Клейнъ составилъ перечень всѣхъ случаевъ метеорныхъ дождей, извѣстныхъ намъ изъ различныхъ столѣтій; оказалось, что:

3	случая	извѣстно	намъ	изъ	15	столѣтія.
15	„	„	„	„	18	„
23	„	„	„	„	16	„
40	„	„	„	„	17	„
216	„	„	„	„	19	„

Такое сильное преобладаніе числа случаевъ выпаденія метеорныхъ камней въ нашемъ столѣтіи надъ числомъ случаевъ другихъ столѣтій объясняется исключительно тѣмъ обстоятельствомъ, что этому явленію въ настоящее время удѣляютъ несравненно больше вниманія, чѣмъ это дѣлалось въ прежнія времена.

Что касается до химическаго состава метеоровъ, то прежде всего слѣдуетъ указать на то, что въ этихъ небесныхъ тѣлахъ до сихъ поръ еще не найдено ни одного элемента, котораго бы мы не встрѣчали и на землѣ. Это обстоятельство даетъ намъ новое подтвержденіе, сдѣланнаго нами на основаніи спектральнаго анализа вывода о единообразіи матерій космической и земной. Метеориты раздѣляются, сообразно ихъ химической природѣ, на два главныхъ класса: на метеориты, состоящіе изъ желѣза, и метеориты, состоящіе изъ каменныхъ породъ. Въ составъ первыхъ входитъ главнымъ образомъ чистое, самородное желѣзо, такъ называемое метеорное желѣзо, въ которомъ нерѣдко находятся включенія силикатовъ (т. е. каменныхъ породъ, содержащихъ кремнекислоту, напр. оливинъ), основная же масса второго класса метеоритовъ состоитъ изъ силикатовъ, содержащихъ въ большемъ или меньшемъ количествѣ зерна самороднаго желѣза. Въ метеоритахъ того и другого рода нерѣдко находили чистый углеродъ, иногда въ кристаллизированномъ видѣ, въ формѣ небольшихъ алмазовъ.

По опредѣленіямъ Рейхенбаха на землю падаютъ ежегодно 4500 метеорныхъ камней; при этомъ на сто силикатныхъ метеоритовъ приходится всего одинъ желѣзный метеоритъ; но въ то время какъ первые довольно быстро вывѣтриваются и распадаются въ мелкіе куски, на вторыхъ образуется слой предохраняющей окалины, обусловливающей то, что желѣзные метеориты могутъ сохраняться въ продолженіи многихъ столѣтій. Этимъ обстоятельствомъ объясняется полная невозможность найти силикатные метеориты древняго происхожденія, между тѣмъ какъ извѣстны случаи нахожденія метеорнаго желѣза, уже въ очень древнія времена выпавшаго на поверхность земли.

Для того, чтобы опредѣлить, представляетъ ли найденный нами кусокъ желѣза дѣйствительно метеорное желѣзо

или же желѣзо земного происхожденія, намъ слѣдуетъ обратить вниманіе на слѣдующія особенности желѣза этого сорта; во первыхъ такое желѣзо въ большинствѣ случаевъ довольно богато никелемъ, а во вторыхъ на немъ очень легко можно вызвать такъ называемыя Видманштетовы фигуры (названныя по имени открывшаго ихъ ученаго), если отшлифованную и отполированную поверхность его протравить азотной кислотой. Эти фигуры даютъ возможность съ перваго же взгляда различить кристаллическую структуру метеорнаго желѣза.

Одна изъ самыхъ замѣчательныхъ коллекцій метеоритовъ находится въ вѣнскомъ придворномъ музеѣ; она содержитъ многочисленные экземпляры какъ силикатныхъ, такъ и желѣзныхъ метеоритовъ; между ними имѣются и такіе, паденіе которыхъ дѣйствительно констатировано.

Довольно обычнымъ небеснымъ явленіемъ, часто наблюдавшимся во всѣ времена, слѣдуетъ считать огненные шары, которые мы видимъ проносящимися въ воздухѣ то съ большей, то съ меньшей скоростью. Нерѣдко удается наблюдать ихъ быстрое паденіе на землю. Кажущаяся величина ихъ очень различна—автору пришлось однажды видѣть огненный шаръ, приблизительно равный кажущейся величинѣ мѣсяца. Очень часто огненные шары обладаютъ свѣтящимся хвостомъ, благодаря чему все явленіе получаетъ много сходства съ ракетой. Нѣкоторые изъ нихъ угасаютъ безъ всякаго шума, другіе же наоборотъ съ сильнымъ взрывовъ разлетаются въ куски. Часто приходилось наблюдать послѣ взрыва огненнаго шара паденіе метеорныхъ камней, такъ что нѣтъ никакой возможности сомнѣваться въ родственной зависимости и сопринадлежности огненныхъ шаровъ и метеорныхъ камней.

Опредѣленіе элементовъ пути и истинной высоты огненныхъ шаровъ можетъ производиться только съ приблизительной точностью, такъ какъ они появляются совершенно неожиданно и остаются видимыми сравнительно очень короткое время. Числа, которыя удалось получить, даютъ все же нѣкоторыя опорныя точки для опредѣленія тѣхъ границъ, въ предѣлахъ которыхъ содержатся искомыя величины. Крайними, предѣльными величинами считаются: для поперечника—отъ 200 до 4000 метровъ, для

высоты надъ поверхностью земли—отъ 15 до 35 миль, для скорости ихъ—отъ 1/3 до 10 миль въ секунду.

Этой громадной скоростью объясняется и свѣченіе метеоритовъ, благодаря которому они становятся видимыми для насъ. На тѣхъ высотахъ, гдѣ вращаются эти небесныя тѣла, воздухъ является уже чрезвычайно разрѣженнымъ, даже настолько разрѣженнымъ, что эти области должно признать для живого существа совершенно лишенными воздуха; но иначе обстоитъ дѣло по отношенію къ метеоритамъ, обладающимъ космической скоростью. Приведенныя нами данныя относятся лишь къ тѣмъ скоростямъ, которыми обладаютъ метеориты въ теченіе того времени, пока они для насъ видимы,—слѣдовательно въ то время, когда они пересѣкаютъ атмосферу. Скорость же ихъ до внѣдренія въ атмосферу должна быть значительно большею. Вычисленіе показываетъ, что величина этой скорости лежитъ въ предѣлахъ между двумя и десятью милями въ секунду; но только тѣ метеориты, скорость которыхъ въ значительной степени превышаетъ скорость земли, т. е. четыре мили въ секунду, могутъ превратиться въ огненные шары, такъ какъ для этого они должны съ громадной скоростью ворваться въ нашу атмосферу. Благодаря сопротивленію воздуха они теряютъ большую часть своей скорости, а слѣдовательно и кинетической энергіи, которая переходитъ, какъ было разъяснено ранѣе, въ тепло; такого выдѣленія тепла оказывается совершенно достаточно для приведенія ихъ въ состояніе бѣлаго каленія и для расплавленія ихъ—по крайней мѣрѣ съ поверхности, если они очень велики и достигли предѣловъ атмосферы съ сравнительно небольшой скоростью. Небольшіе метеориты во всякомъ случаѣ совершенно разрушаются такимъ разогрѣваніемъ, метеориты-же большей величины распадаются на мелкіе куски и достигаютъ поверхности земли уже въ видѣ сравнительно небольшихъ метеорныхъ камней. Такимъ образомъ атмосфера является для земли какъ-бы панцыремъ, съ успѣхомъ предохраняющимъ ее отъ чрезвычайно энергичнаго и, безъ этого панцыря, въ высшей степени опаснаго бомбардированія метеорными массами.

Отъ метеоритовъ и огненныхъ шаровъ отличаются па-

дающія звѣзды, какъ въ отношеніи формы пути, о чемъ уже упоминалось, такъ и благодаря тому обстоятельству, что онѣ обыкновенно уже въ верхнихъ слояхъ атмосферы окончательно сгораютъ, и ни одинъ самый мельчайшій кусочекъ ихъ не достигаетъ земли. Даже во время самыхъ сильныхъ звѣздныхъ дождей не удалось констатировать паденія съ неба какихъ-либо тѣлъ. Дожди падающихъ звѣздъ представляютъ довольно частое явленіе; почти каждую ночь, при ясномъ небѣ, мы можемъ увидѣть падающія звѣзды; около полуночи ихъ можно насчитать въ среднемъ отъ 4 до восьми въ теченіе одного часа; до полуночи падающія звѣзды являются въ нѣсколько меньшемъ количествѣ, послѣ полуночи наоборотъ онѣ падаютъ чаще, наибольшее число ихъ приходится на третій часъ утра. Кромѣ такого суточнаго періода, частота падающихъ звѣздъ представляетъ еще годовой періодъ, причемъ въ осенніе мѣсяцы она достигаетъ своей кульминаціонной точки. Объясненіе такой двойной періодичности слѣдующее.

Представимъ себѣ первоначально, что земля неподвижно покоется въ міровомъ пространствѣ, въ такомъ случаѣ падающія звѣзды равномѣрно со всѣхъ сторонъ достигали-бы поверхности земли, и частота ихъ въ различные часы ночи была-бы одинаковой. Если-же мы предположимъ наоборотъ, что падающія звѣзды неподвижно висятъ въ міровомъ пространствѣ, земля-же съ громадной скоростью стремится по своему пути, то намъ станетъ вполнѣ понятно, почему падающія звѣзды по преимуществу низвергаются на то полушаріе, которое въ направленіи движенія земли является переднимъ. Въ этомъ случаѣ, слѣдовательно, падающія звѣзды должны появляться только въ тѣхъ мѣстахъ земной поверхности, съ которыхъ видна та точка небеснаго свода, по направленію къ которой стремится земля, для которыхъ, значитъ, эта точка находится надъ горизонтомъ.

Эту точку Скіапарелли называетъ апексомъ (другіе называли ее точкой стремленія). Ко времени лѣтняго солнцестоянія (21 Іюня) апексъ находится въ созвѣздіи Дѣвы, ко времени зимняго солнцестоянія (21 Декабря) въ созвѣздіи Рыбъ; ко времени весенняго равноденствія (21 Марта) въ созвѣздіи Близнецовъ, ко времени осенняго равноденствія (21 Сентября) въ созвѣздіи Стрѣльца.

Еслибы, слѣдовательно, падающія звѣзды пребывали въ міровомъ пространствѣ совершенно неподвижно, и только одна земля имѣла нѣкоторое движеніе, то падающія звѣзды, какъ сказано, должны были бы появляться только въ тѣхъ мѣстахъ земного шара, для которыхъ апексъ лежитъ подъ горизонтомъ, и притомъ число ихъ должно бы увеличиваться съ возрастаніемъ высоты апекса надъ горизонтомъ.

Въ дѣйствительности же ни тотъ, ни другой изъ приведенныхъ нами крайнихъ случаевъ не имѣетъ мѣста; именно, какъ земля, такъ точно и падающія звѣзды, имѣютъ свое движеніе въ міровомъ пространствѣ. Отсюда прямо вытекаетъ, что дѣйствительность должна лежать по серединѣ между явленіями, соотвѣтствующими двумъ разобраннымъ нами крайнимъ случаямъ; поэтому вполнѣ возможно, что даже и въ тѣхъ мѣстахъ, для которыхъ апексъ находится подъ горизонтомъ, будутъ появляться падающія звѣзды, но во всякомъ случаѣ частота ихъ должна возрастать съ увеличеніемъ высоты апекса надъ горизонтомъ.

Разсмотрѣнные нами случаи объясняютъ не только суточную, но также и годовую періодичность падающихъ звѣздъ; дѣйствительно въ осенніе мѣсяца апексъ достигаетъ очень значительной высоты надъ горизонтомъ въ утренніе часы, что не имѣетъ мѣста въ весенніе мѣсяцы.

Независимо отъ этого періодическаго учащенія падающихъ звѣздъ въ осенніе мѣсяцы, извѣстны также въ высшей степени замѣчательныя, періодически возвращающіяся появленія падающихъ звѣздъ цѣлыми тучами, обыкновенно наблюдающіяся 10 Августа (въ день Св. Лаврентія) и отъ 12 до 14 Ноября. Звѣздный дождь 10 Августа обозначается уже въ одномъ старомъ англійскомъ церковномъ календарѣ, какъ постоянно возвращающееся явленіе, подъ названіемъ „огненныя слезы Святого Лаврентія“.

На ноябрскій звѣздный дождь впервые обратилъ вниманіе наблюдателей Гумбольдтъ, описавъ великолѣпное появленіе этого феномена въ 1799 году въ Америкѣ, гдѣ обильный дождь падающихъ звѣздъ наблюдался одновременно на всемъ протяженіи отъ экватора до самой Гренландіи. Только въ 1832 году ноябрскій дождь падающихъ звѣздъ повторился съ такою же силой, какъ и въ 1799 году; въ 1833 году это явленіе получило такое грандіозное раз-

витіе, что превзошло по своей силѣ и великолѣпію всѣ дотолѣ наблюдавшіяся подобныя же явленія. Но и на этотъ разъ оно было видимо только въ Америкѣ. Казалось, что падающія звѣзды сыплются на землю не по одиночкѣ, а цѣлыми хлопьями; сосчитано было, что во время этого небеснаго фейерверка, въ теченіе девяти часовъ, выпало около 300.000 падающихъ звѣздъ.

Изъ сравненія болѣе древнихъ сообщеній о случаяхъ сильныхъ дождей падающихъ звѣздъ удалось установить для ноябрскаго звѣзднаго феномена періодичность въ 33—34 года. Такимъ образомъ, по разсчетамъ, должно было произойти блестящее развитіе этого явленія 14 Ноября 1866 года. Вслѣдствіе такого предсказанія во многихъ мѣстностяхъ дѣятельно готовились къ наблюденіямъ, и дѣйствительно ожиданіямъ наблюдателей суждено было на этотъ разъ оправдаться; приводили, что въ Гринвичѣ насчитали

между	12	и	1	часомъ	2032 падающія звѣзды
„	1	„	2	„	4860 „ „
„	2	„	3	„	832 „ „

Въ два часа частота падающихъ звѣздъ достигла максимума, который къ этому же времени наблюдался и во всѣхъ другихъ наблюдательныхъ пунктахъ Европы.

Въ Америкѣ ноябрскій дождь 1866 г. былъ менѣе рѣзко выраженъ, чѣмъ въ Европѣ. Зато въ 1867 году Сѣверная Америка видѣла это явленіе въ такомъ блестящемъ выраженіи, какъ никогда раньше.

Августовское явленіе падающихъ звѣздъ представляетъ очень существенное отличіе отъ ноябрьскаго; это различіе Богуславскій характеризуетъ слѣдующимъ образомъ: 1) Августовскій феноменъ въ большинствѣ случаевъ какъ-бы предупреждаетъ о своемъ появленіи увеличеніемъ числа падающихъ здѣздъ уже за нѣсколько дней до наступленія максимума, между тѣмъ какъ Ноябрьскій феноменъ вступаетъ въ свои права совершенно внезапно и неожиданно. 2) Напряженность явленія для августовскихъ падающихъ звѣздъ подвержена несравненно меньшимъ колебаніямъ, чѣмъ для Ноябрьскаго феномена, и далеко оставляетъ послѣдній за собою по великолѣпію и полнотѣ, исключая

впрочемъ тѣ случаи маскимальнаго напряженія послѣдняго, которые наступаютъ черезъ каждые 33—34 года.

Изъ одновременныхъ наблюденій въ различныхъ мѣстахъ можно опредѣлить высоту, на которой происходитъ свѣченіе и потуханіе падающихъ звѣздъ. Какъ среднюю высоту для свѣтящихся падающихъ звѣздъ находятъ 25 миль, средняя высота угасающихъ звѣздъ равна 11 милямъ. Если-же мы знаемъ высоту, то на основаніи видимаго пути падающей звѣзды и времени, въ теченіе котораго она проходитъ этотъ путь, можно опредѣлить истинную длину пройденнаго свѣтящейся звѣздой пространства и ея истинную скорость. Время, проходящее между моментомъ появленія падающей звѣзды и моментомъ ея угасанія, составляетъ въ среднемъ $^1/_2$ секунды; вычисленный для средней высоты въ 15 миль истинный путь достигаетъ въ среднемъ длины въ 40.000 до 60.000 метровъ, слѣдовательно скорость падающей звѣзды равна отъ 80.000 до 120.000 метровъ (10 до 16 миль) въ секунду.

По силѣ свѣта, отбрасываемаго падающей звѣздой, можно заключить объ ея массѣ, если намъ извѣстно ея разстояніе отъ насъ. А. Гершелю удалось выполнить соотвѣтствующее вычисленіе для нѣсколькихъ падающихъ звѣздъ, наблюдавшихся одновременно въ различныхъ мѣстностяхъ Англіи въ ночь 9 и 10 Августа 1863; результаты получены имъ слѣдующіе:

Звѣзда по блеску приближ. къ Юпитеру	3000	гр. (=3 кило).
» » » » Сиріусу	350	»
» » » » Вегѣ	30	»
» » » » α въ созвѣздіи Персея .	6	»

Блескъ большинства падающихъ звѣздъ, однако, значительно слабѣе блеска вышеприведенныхъ яркихъ свѣтилъ; слѣдовательно, ихъ масса врядъ-ли можетъ превышать дробныя доли грамма. Точно также и частота падающихъ звѣздъ должна считаться сравнительно очень небольшой, даже въ тѣхъ случаяхъ, когда разсматриваемое нами явленіе достигаетъ наивысшей точки развитія. По берлинскимъ наблюденіямъ, произведеннымъ надъ ноябрьскимъ феноменомъ въ 1867, разстояніе между двумя сосѣдними падающими звѣздами составляло, во время максимальной густоты падающихъ звѣздъ, отъ 15 до 20 географическихъ миль.

Для объясненія правильнаго возвращенія августовскихъ и ноябрьскихъ звѣздныхъ дождей, пришлось сдѣлать предположеніе, что тучи падающихъ звѣздъ вращаются вокругъ солнца по замкнутому пути. Первоначально полагали, что пути падающихъ звѣздъ имѣютъ сходство съ планетными орбитами, т.-е. имѣютъ приблизительно круговую форму. Но болѣе подробныя изслѣдованія показали всю несостоятельность такого предположенія; именно выяснилось, что пути періодически появляющихся падающихъ звѣздъ имѣютъ форму сильно вытянутыхъ въ длину эллипсовъ, которые пересѣкаютъ земную орбиту въ одной только точкѣ и на всемъ своемъ протяженіи болѣе или менѣе густо усажены падающими звѣздами. Сказанное относится, безъ всякихъ ограниченій, къ августовскому явленію падающихъ звѣздъ, которое ежегодно возобновляется съ приблизительно одинаковой силой. Нѣсколько иначе дѣло обстоитъ съ ноябрьскимъ феноменомъ, для котораго, какъ извѣстно, черезъ каждые $33^1/_4$ года наступаетъ максимумъ напряженности. Такая періодичность указываетъ намъ на то, что въ одномъ мѣстѣ эллиптическаго кольца падающія звѣзды должны быть расположены несравненно тѣснѣе, чѣмъ въ остальной части его; это мѣсто наибольшей скученности падающихъ звѣздъ черезъ каждые $33^1/_4$ года возвращается въ одной и той-же точкѣ пути кольца (къ точкѣ пересѣченія его съ путемъ земли),—отсюда мы прямо заключаемъ, что время полнаго обращенія ноябрьскаго кольца падающихъ звѣздъ равно періодичности ноябрьскаго феномена, т. е. $33^1/_4$ годамъ.

Итакъ, форма пути періодически появляющихся падающихъ звѣздъ очень сходна съ формой пути кометъ; сходство тѣхъ и другихъ простирается и далѣе: какъ тѣ, такъ и другія не лежатъ въ общей плоскости планетныхъ путей; далѣе, движеніе какъ августовскаго, такъ и ноябрьскаго кольца падающихъ звѣздъ представляется обратнымъ; такимъ движеніемъ, какъ извѣстно, нерѣдко обладаютъ кометы, между тѣмъ какъ всѣ безъ исключенія планеты движутся вокругъ солнца въ направленіи, обозначаемомъ нами прямымъ.

Нѣтъ, слѣдовательно, никакой возможности предполагать существованіе родственной зависимости между падаю-

щими звѣздами и планетами; но въ то-же время сама собою напрашивается мысль о существованіи такой зависимости между падающими звѣздами и кометами.

Существованіе такого родства подтверждается еще и другими фактами; такъ Скіапарелли удалось доказать, что элементы пути августовскаго кольца падающихъ звѣздъ вполнѣ совпадаютъ съ таковыми-же элементами кометы III 1862 года. На основаніи этого совпаденія Скіапарелли заключилъ о существованіи чисто физической зависимости между кометой III 1862 года и августовскимъ кольцомъ падающихъ звѣздъ. Для этой кометы время полнаго обращенія опредѣлили въ 123 года, для августовскаго кольца падающихъ звѣздъ, оно, слѣдовательяно, должно имѣть такую-же продолжительность; періодъ обращенія августовскихъ падающихъ звѣздъ не могъ быть опредѣленъ непосредственно вслѣдствіе того, что явленіе это ежегодно возобновляется съ совершенно одинаковой силой.

Въ высшей степени замѣчательно, что, какъ слѣдуетъ изъ данныхъ Опельцера, элементы пути ноябрьскаго кольца падающихъ звѣздъ вполнѣ согласуются съ элементами пути кометы I 1866 года.

Та часть кольца ноябрьскихъ падающихъ звѣздъ, въ которой эти міровыя тѣла расположены особенно тѣсно, и которою вызывается возвращающійся черезъ каждые $33^1/_4$ года ноябрьскій феноменъ, имѣетъ настолько значительную длину, что прохожденіе этой части чрезъ точку пересѣченія кольца съ земной орбитой продолжается отъ двухъ до трехъ лѣтъ; благодаря этому ноябрьскій феноменъ два-три года подрядъ наступаетъ съ особеннымъ блескомъ. Тѣсно скученныя въ этой части пути падающія звѣзды постепенно должны болѣе равномѣрно распредѣлиться по всей длинѣ кольца вслѣдствіе того, что внутреннія, болѣе близкія къ солнцу падающія звѣзды, обладая нѣсколько большей скоростью, постепенно должны опережать все болѣе и болѣе тѣ звѣзды, которыя расположены во внѣшнихъ частяхъ кольца, пока не произойдетъ вполнѣ равномѣрнаго распредѣленія звѣздъ на всемъ протяженіи пути, какъ это мы наблюдаемъ въ августовскомъ кольцѣ.

Воззрѣнія Скіапарелли получили прекрасное подтвержденіе въ томъ великолѣпномъ, совершенно неожиданно

наступившемъ въ вечерніе часы 27 Ноября 1882 года звѣздномъ дождѣ, который одновременно наблюдался въ различныхъ мѣстностяхъ Германіи, Франціи, Англіи, Италіи и т. д. Какъ оказалось, элементы пути этихъ падающихъ звѣздъ вполнѣ совпадаютъ съ элементами пути кометы Биля, о которой намъ уже достаточно много приходилось говорить.

Мы уже упомянали, что эта комета, повидимому, совершенно исчезла. Сама собою напрашивается мысль установить непосредственную генетическую связь между явленіемъ падающихъ звѣздъ 1872 года и исчезнувшей кометой, по пути которой двигались эти міровыя тѣла.

Хорошимъ подтвержденіемъ нашего предположенія о томъ, что какъ данныя, такъ и вообще всѣ остальныя падающія звѣзды являются ничѣмъ инымъ, какъ остатками разрушенія кометъ, можетъ служить, тотъ въ высшей степени важный фактъ, что кометы могутъ претерпѣвать дѣленіе—какія силы принимаютъ въ этомъ участіе, въ настоящее время невозможно опредѣлить. Достаточно и того, что фактъ въ нашихъ рукахъ.

Итакъ, возникновеніе кольца падающихъ звѣздъ мы должны представить себѣ, какъ результатъ постепенно прогрессирующаго расщепленія кометы, въ падающихъ звѣздахъ мы должны видѣть остатки разрушенія небесныхъ тѣлъ бо́льшихъ размѣровъ. Эта гипотеза находится въ полномъ согласіи также съ тѣмъ фактомъ, что падающія звѣзды никогда не достигаютъ земли въ видѣ твердыхъ тѣлъ. По гипотезѣ Целлнера, какъ мы знаемъ, кометы являются тѣлами жидкой консистенціи—слѣдовательно и происходящія отъ нихъ падающія звѣзды должны быть жидкими тѣлами, чѣмъ вполнѣ объясняется ихъ полное, не дающее никакого зольнаго остатка, сгораніе.

Процессъ образованія падающихъ звѣздъ есть, слѣдовательно, процессъ распаденія, процессъ разложенія; этому, повидимому, должно противорѣчить то, что нами сказано было въ одной изъ предшествующихъ главъ, въ которой мы приводили падающія звѣзды въ доказательство происходящаго въ міровой матеріи сгущенія. Дѣйствительно такое сгущеніе имѣетъ мѣсто и состоитъ въ томъ, что бо-

лѣе мелкія міровыя тѣла постепенно собираются болѣе крупными міровыми тѣлами, каковы планеты, и пріобщаются къ ихъ массѣ. Появляясь изъ невѣдомыхъ пространствъ и попадая въ предѣлы какой-нибудь солнечной системы, кометы обыкновенно удерживаются этой солнечной системой, совершаютъ въ ней свой жизненный путь и наконецъ распадаются на мелкія части, увеличивая своими остатками массы планетъ данной солнечной системы. Этотъ процессъ распаденія, которымъ завершается существованіе кометы, какъ самостоятельнаго міроваго тѣла, есть, слѣдовательно, только одно изъ звеньевъ того великаго процесса сгущенія матеріи, которому обязаны своимъ существованіемъ всѣ солнца и ихъ системы.

ГЛАВА XVII.

О концѣ міра.

Объясненіе приливовъ и отливовъ.—Вліяніе приливовъ и отливовъ на вращательную скорость земли.—Примѣненіе принципа разсѣянія (диссипаціи) энергіи ко вселенной.

Мы изобразили передъ читателями общую картину возникновенія планетной системы; при этомъ намъ удалось показать, что устройство міра можетъ быть объяснено при помощи силы тяготѣнія (тяжести), если кромѣ того предположить существованіе нѣкотораго вращательнаго движенія въ первобытной, разсѣянной, разрѣженной массѣ. Прежде чѣмъ окончательно разстаться съ областью космогоніи, мы вкратцѣ займемся противуположной проблеммой, проблеммой разрушенія планетной системы.

Завѣщанное намъ отъ предковъ мудрое изрѣченіе гласитъ слѣдующее: все, что ни существуетъ въ мірѣ, стоитъ того, чтобы погибнуть;—мы можемъ выразить эту мысль въ болѣе смягченной формѣ: все, что произошло во времени, должно исчезнуть со временемъ. Если матерія заключаетъ въ себѣ образующія, созидающія силы, то въ ея же нѣдрахъ скрываются и разрушительныя, губящія силы; что возникло естественнымъ путемъ, должно также исчезнуть естественнымъ путемъ.

Изъ многоразличныхъ причинъ, имѣющихъ значеніе въ интересующемъ насъ вопросѣ, мы подвергнемъ разсмотрѣнію только двѣ. Одна изъ нихъ имѣетъ прямое и непосредственное отношеніе къ землѣ, но значеніе ея сохраняется въ полной силѣ также и для всѣхъ планетъ, сходныхъ съ землею по своему развитію; другая касается всей вселенной.

Изъ того общаго правила, что планеты и ихъ спутники вращаются вокругъ собственной оси, луна, повидимому, составляетъ исключеніе; какъ извѣстно, она обращена къ намъ постоянно одной и той-же стороной; конечно, это обстоятельство и можетъ быть обусловлено только тѣмъ, что луна въ теченіе цѣлаго періода обращенія вокругъ земли, слѣдовательно въ теченіе цѣлаго мѣсяца (луннаго мѣсяца въ 28 дней), поворачивается на своей оси одинъ только разъ; такая медленность вращенія остается для насъ, однако, загадкой. Что вращеніе вокругъ оси дѣйствительно существуетъ, можно, слѣдуя Жюлю Верну, демонстрировать слѣдующимъ образомъ: если мы станемъ обходить вокругъ стола, постоянно оборачивая къ нему лицо, то во время такого кругового движенія мы по очереди увидимъ всѣ стѣны комнаты, слѣдовательно непремѣнно обернемся одинъ разъ вокругъ своей оси. Явленіе морскихъ приливовъ и отливовъ даетъ намъ объясненіе этого загадочнаго факта.

Море то вздувается, то вновь собираетъ свои воды; такое поднятіе и опусканіе морской воды совершается два раза въ сутки, съ замѣчательной правильностью; явленіе это извѣстно подъ названіемъ морскихъ приливовъ и отливовъ. Приблизительно въ теченіе шести часовъ уровень моря подымается,—это приливъ; въ теченіе слѣдующихъ шести часовъ уровень моря опускается, послѣднее явленіе называется отливомъ. Такимъ образомъ ежедневно два раза наступаетъ приливъ и столько же разъ отливъ. Время, въ продолженіе котораго происходитъ это двойное поднятіе и опусканіе морской поверхности, не равно точно 24 часамъ, въ среднемъ оно составляетъ 24 часа и 50 съ половиною минутъ; это въ точности то время, которое употребляетъ луна для того, чтобы сдѣлать полный кругъ на небѣ и изъ своего кульминаціоннаго положенія вновь вернуться въ

то же положеніе. Этимъ уже съ ясностью обозначается зависимость явленія приливовъ и отливовъ отъ движенія луны.

Высота прилива, т. е. различіе уровней моря при наиболѣе высокомъ и слѣдующимъ за нимъ наиболѣе низкомъ стояніи, не остается постоянно одинаковой для одного и того-же мѣста; она также измѣняется въ зависимости отъ положенія луны, именно во времена ново- и полнолунія высота прилива становится наибольшей.

Время наступленія прилива также съ ясностью подтверждаетъ намъ, что все явленіе зависитъ главнымъ образомъ отъ луны; именно приливъ достигаетъ своей наибольшей величины спустя нѣкоторое время послѣ кульминаціи (прохожденія черезъ высокую точку неба) луны; моментъ наибольшей высоты морского уровня, или такъ называемое портовое время, наступаетъ различно для различныхъ мѣстъ, въ зависимости отъ мѣстныхъ условій. Тѣ-же мѣстныя условія оказываютъ очень сильное вліяніе и на высоту прилива; на небольшихъ островахъ, лежащихъ посреди океана, эта высота очень незначительна, тогда какъ въ заливѣ Фенди (Fundy bai), на юго-восточномъ берегу сѣверо-американскихъ владѣній Англіи, она достигаетъ 20 до 23 метровъ. При прочихъ равныхъ условіяхъ высота прилива уменьшается по направленію отъ экватора къ полюсамъ; на сѣверномъ побережьи Норвегіи она ничтожно мала.

Найти объясненіе для явленій прилива и отлива не составляетъ особенной трудности. Въ одной изъ предшествовавшихъ главъ мы привели тотъ законъ, по которому происходитъ дѣйствіе силы тяжести. По этому закону притяженіе между двумя тѣлами находится въ зависимости отъ разстоянія; на основаніи этого всѣ тѣла, находящіяся на той половинѣ земной поверхности, которая обращена къ лунѣ, притягиваются этой послѣдней сильнѣе, чѣмъ тѣла, находящіяся на противоположной половинѣ земной поверхности. На твердыя тѣла дѣйствіе луны происходитъ съ такою же силой, какъ и на жидкія, но только на послѣднихъ оно становится для насъ замѣтнымъ. Луна, слѣдовательно, притягиваетъ къ себѣ воды нашихъ океановъ; по законамъ гидромеханики (механики жидкихъ тѣлъ) появившаяся, вслѣдствіе притяженія луны, на одной сторонѣ земли водяная гора должна вызвать образованіе такой-же

водяной горы и на противоположной сторонѣ земли; благодаря этому океанъ приметъ въ разрѣзѣ форму эллипса, длинная ось котораго расположена по линіи соединенія земного центра съ центромъ луны. Солнце также вызываетъ приливы и отливы, но, вслѣдствіе необычайно большого разстоянія солнца отъ земли, дѣйствіе его, несмотря даже на его громадную массу, ничтожно по сравненію съ дѣйствіемъ луны.

Земля въ теченіе 28 дней успѣваетъ повернуться 28 разъ, луна въ тотъ-же промежутокъ времени совершаетъ только одинъ оборотъ; въ то время какъ земля описываетъ полный кругъ, луна описываетъ всего $^1/_{28}$ круга, слѣдовательно она ежедневно запаздываетъ на $^1/_{28}$ сутокъ, т. е. именно на 50 съ половиною минутъ, какъ уже было приведено ранѣе. Вмѣстѣ съ луной запаздываетъ и приливная волна: послѣдняя, слѣдовательно, въ 28 разъ медленнѣе вращается вокругъ земной оси, чѣмъ сама земля. Это фактъ очень большой важности; впервые на него указалъ Кантъ. Такъ какъ земля вращается вокругъ земной оси съ большей быстротою, чѣмъ приливная волна, то послѣдняя является какъ-бы тормазомъ, подъ дѣйствіемъ котораго постепенно должна уменьшаться вращательная скорость земли.

Потеря въ скорости есть потеря энергіи; кинетическая энергія превращается въ тепло, переходитъ въ болѣе низкую форму энергіи, т. е. если въ дѣйствительности и не пропадаетъ окончательно, то во всякомъ случаѣ практически теряетъ свое значеніе.

Постараемся теперь выяснить себѣ, когда наступитъ конецъ такому замедленію вращенія земли. Очевидно лишь въ тотъ моментъ, когда земля уже перестанетъ опережать приливную волну, когда земля и приливная волна придутъ въ согласіе и будутъ совершать въ одно и то-же время свои обороты вокругъ земной оси; съ этого момента приливная волна прекратитъ свое движеніе и навсегда остановится на одномъ и томъ же мѣстѣ. Земля будетъ, слѣдовательно, затрачивать на одинъ полный оборотъ вокругъ своей оси столько-же времени, сколько теперь затрачиваетъ луна для своего полнаго обращенія вокругъ земли, именно 28 дней. Земля также станетъ поворачиваться къ лунѣ

постоянно одною и тою-же стороной, какъ это теперь дѣлаетъ луна по отношенію къ землѣ. Наше ночное свѣтило будетъ, слѣдовательно, дарить своимъ свѣтомъ обитателей только одной половины земной поверхности.

Результаты того замѣчательнаго дѣйствія, которое влечетъ за собою явленіе приливовъ и отливовъ, для луны, какъ мы видимъ, уже наступили; причина этого заключается въ томъ, что масса луны сравнительно очень мала, а слѣдовательно и живая сила ея, которую пришлось преодолѣть, тоже была сравнительно невелика; другая причина состоитъ въ томъ, что на лунѣ сила, вызывающая явленіе прилива, обусловливается притяженіемъ земли и слѣдовательно болѣе чѣмъ въ восемь—десять разъ превышаетъ силу, дѣйствующую на землѣ и обязанную своимъ происхожденіемъ притяженію луны. Въ настоящее время—къ крайнему сожалѣнію и печали астрономовъ—мы можемъ видѣть только одну половину луны; ничтожное отклоненіе, которое иногда приходится наблюдать, объясняется тѣмъ фактомъ, что путь луны представляетъ не вполнѣ правильный кругъ, вслѣдствіе чего луна въ точкахъ своего пути, болѣе близкихъ къ землѣ, движется быстрѣе, чѣмъ въ точкахъ, болѣе удаленныхъ. Нѣкоторое время луна какъ-бы немножко спѣшитъ, затѣмъ она начинаетъ опять замедлять свой ходъ и слегка отстаетъ; благодаря этому мы получаемъ возможность по временамъ, такъ сказать, заглядывать за уголъ.

Судьба, постигшая уже луну, угрожаетъ также и землѣ. Сперва наступитъ удлиненіе времени полнаго обращенія вокругъ оси, которое достигнетъ продолжительности 28 дней; это значитъ, выражаясь простыми словами, что продолжительность дня и продолжительность ночи будутъ равняться, каждая 14 суткамъ; со временемъ-же, благодаря дѣйствію приливовъ, обусловливаемыхъ притяженіемъ солнца, настанетъ для одной половины земной поверхности вѣчный день, а для другой вѣчная ночь. Прямымъ послѣдствіемъ этого явилась-бы полная невозможность на землѣ какой-либо органической жизни, исключая развѣ самые низшіе классы растеній и животныхъ, которые, можетъ быть, нашли-бы подходящее для себя мѣсто въ поясѣ сумерокъ, гдѣ-бы и вели въ теченіе нѣкотораго

времени свое жалкое существованіе; но и такое положеніе не могло-бы продолжаться слишкомъ долго: колоссальныя температурныя различія между освѣщенной и неосвѣщенной половинами земной поверхности должны вызвать такія метеорологическія пертурбаціи, которыя уничтожатъ даже самую цѣпкую и непритязательную жизнь. Итакъ, если-бы даже солнце и вѣчно посылало намъ свои живительные лучи, это не предотвратило-бы окончательной гибели всей органической природы.

Разсмотрѣнныя нами силы, замедляющія вращеніе нашей планеты вокругъ ея оси, не могутъ, однако, совершенно разрушить землю, какъ міровое тѣло; теперь мы обратимся къ разсмотрѣнію той болѣе общей причины, которая угрожаетъ гибелью и смертью не только нашей планетной системѣ, но даже и всему мірозданью.

Разбирая вопросъ объ источникѣ солнечной энергіи, мы указали на силу тяготѣнія, какъ на неизсякаемый ключъ этой энергіи. Дѣйствительно, шаровая туманность, изъ которой, послѣ отдѣленія этой туманности отъ другихъ туманностей, наполнявшихъ пространство,—образовалась наша планетная система—долженствовала заключать въ себѣ не только всю необходимую для образованія планетъ, матерію, но также и всю сумму энергіи, потребную для жизни системы; и на самомъ дѣлѣ, наша туманность въ этомъ отношеніи располагала неизмѣримыми, хотя и не неисчерпаемыми, богатствами, представленными ей силой взаимнаго притяженія ея частицъ. Эта потенціальная энергія, превращающаяся при сближеніи частицъ въ энергію кинетическую, есть механическая энергія, энергія высшей формы, способная переходить въ другіе ряды энергіи, какъ мы видѣли, безъ малѣйшей потери; слѣдовательно, наша туманность и въ отношеніи формы энергіи представлялась юношески свѣжимъ, полнымъ молодыхъ силъ созданіемъ.

Химическія силы также начали проявлять свое дѣйствіе очень рано; но такъ какъ дѣйствіе этихъ силъ наступаетъ лишь при болѣе тѣсномъ соприкосновеніи частичекъ вещества, то и понятно, что сгущеніе вещества должно было уже достаточно подвинуться впередъ, прежде чѣмъ началось проявленіе этихъ силъ. Заключался-ли съ самаго начала въ нашей туманности нѣкоторый запасъ энергіи въ

формѣ теплоты,—намъ неизвѣстно: да это и не имѣетъ значенія для разсматриваемаго нами вопроса; намъ важно только опредѣлить, какъ далеко уже подвинулся процессъ деградированія механической энергіи въ болѣе низкую форму энергіи, въ теплоту. На этотъ вопросъ мы дѣйствительно можемъ отвѣтить, для чего намъ придется только сдѣлать нѣкоторыя предположенія, настолько-же близко отвѣчающія существу дѣла, какъ и всѣ наши представленія объ образованіи планетной системы вообще. Относящіяся сюда вычисленія произведены Гельмгольцемъ.

Здѣсь не мѣсто приводить его выкладки; я удовольствуюсь тѣмъ, что приведу тотъ ходъ мыслей, котораго держался Гельмгольцъ при своихъ вычисленіяхъ. Итакъ, прежде всего мы должны сдѣлать предположеніе, что матерія, послужившая матеріаломъ при образованіи нашей планетной системы, первоначально занимала объемъ шара, діаметръ котораго равенъ діаметру орбиты самой отдаленной отъ солнца планеты Нептуна; математическая физика даетъ намъ средства вычислить потенціальную энергію этой матеріи. Далѣе, зная массы планетъ и ихъ спутниковъ и массу солнца, а также зная движеніе каждаго изъ нихъ въ отдѣльности, мы можемъ съ легкостью опредѣлить, какая часть первоначальной потенціальной энергіи въ настоящее время находится еще въ формѣ механической энергіи.

Разность этихъ двухъ количествъ и есть та величина, которую мы отыскиваемъ; разность эта, согласно закону сокращенія энергіи, не могла совершенно утратиться, она только претерпѣла превращеніе, и именно перешла въ болѣе низкую форму энергіи, въ теплоту. Результатъ вычисленія показываетъ, что всего какая-нибудь 443-я часть первоначальной механической энергіи существуетъ еще въ нашей солнечной системѣ въ видѣ механической энергіи. Часть остального количества энергіи находится еще въ видѣ тепла, съ одной стороны въ видѣ солнечнаго тепла, представляющаго громадные запасы, съ другой стороны въ видѣ тепла планетъ и ихъ спутниковъ, уже въ значительной степени израсходованнаго; другая часть энергіи разсѣялась въ міровомъ пространствѣ въ видѣ лучистой энергіи и, слѣдовательно, совершенно потеряна для нашей

системы. Для всего міросданія такой потери, конечно, не произошло:—энергія утрачена только нашей планетной системой. Этотъ процессъ траты энергіи благодаря излученію ежедневно совершается и безостановочно идетъ впередъ, и, какъ говоритъ Гельмгольцъ, „мы не знаемъ, имѣетъ-ли та среда, чрезъ которую передаются свѣтовыя и тепловыя дѣйствія, какую-нибудь границу, гдѣ должны отразиться лучи, или-же они обречены продолжать свое движеніе въ пространствѣ до безконечности".

Процессъ деградаціи энергіи, слѣдовательно, въ нашей солнечной системѣ подвинулся уже довольно значительно впередъ; вотъ этотъ-то процессъ и повлечетъ за собою въ концѣ концовъ полное разрушеніе нашей системы,—тогда настанетъ конецъ міра, о которомъ пророчествовали всѣ древнія религіи.

Мы, однако, не смѣемъ остановиться на этомъ и должны идти далѣе; неподкупная послѣдовательность и строгость нашего мышленія приводитъ насъ къ результатамъ которые, какъ-бы отдаленно ни было время ихъ наступленія, должны наполнить нашу душу всѣми ужасами разрушенія и гибели. Законъ диссипаціи (разсѣянія) энергіи утверждаетъ слѣдующее: такъ какъ всякое событіе въ природѣ обусловливаетъ трансформацію, превращеніе энергіи, при каждомъ-же превращеніи, если только это превращеніе не есть превращеніе высшей энергіи въ низшую, извѣстная часть энергіи должна деградировать и переходить въ состояніе, въ которомъ она еще менѣе, чѣмъ раньше, способна претерпѣвать превращенія, то слѣдовательно энергія міра безпрерывно понижаетъ свою способность трансформированія.

Пока въ природѣ еще происходятъ превращенія и измѣненія, энергія должна падать все ниже и ниже; предшествующія разсужденія даютъ намъ возможность опредѣлить, какую форму приметъ въ концѣ концовъ совокупная энергія всего міра. Она должна вся цѣликомъ превратиться въ теплоту и эта теплота распредѣляется такимъ образомъ, что всѣ тѣла будутъ имѣть одну и ту-же температуру. Будетъ-ли эта температура высокой или-же низкой, совершенно безразлично; если тепло распредѣлено такимъ образомъ, что повсюду господствуетъ одна и та-же

температура, то при такихъ условіяхъ оно находится, какъ мы уже знаемъ, въ состояніи, изъ котораго не можетъ вновь подняться до другихъ формъ энергіи. Для того, чтобы тепло превратить въ работу, безусловно необходимо имѣть болѣе теплое и болѣе холодное тѣло; если-же совокупная энергія всего міра перешла въ тепло, и всѣ тѣла приняли одну и ту-же температуру, то нѣтъ никакой возможности даже самую ничтожную часть этого колоссальнаго количества энергіи перевести вновь въ болѣе полезную для насъ форму. Это и есть условія окончательной смерти міра.

На этихъ всеобъемлющихъ слѣдствіяхъ законовъ природы основывали много рискованныхъ соображеній, пустыхъ фантазій, болѣе или менѣе остроумныхъ, но всегда висящихъ въ воздухѣ; самое высокое и значительное, что только можетъ совершить въ этихъ вопросахъ точное мышленіе, въ концѣ концовъ всетаки завершается неразрѣшимымъ вопросомъ. Пусть мнѣ будетъ дозволено уступить здѣсь мѣсто болѣе достойному и предоставить слово великому мастеру точнаго изслѣдованія, Гельмгольцу:

„Но, какъ бы то ни было, особенно сильно затрогиваетъ наше нравственное чувство мысль о неизбѣжной, хотя и очень отдаленной гибели всего живущаго. Въ особенности мы, люди, хорошо знаемъ, что всѣ наши умственныя и нравственныя силы составляютъ наслѣдіе, завѣщанное намъ отъ предковъ, которые завоевали это духовное достояніе упорнымъ трудомъ, борьбой и самопожертвованіемъ; мы также знаемъ, что все, чего мы сами достигнемъ въ этомъ отношеніи, облагородитъ жизнь нашихъ потомковъ. Благодаря этому сознанію, каждый, кто трудится для идеальныхъ цѣлей человѣчества, — какъ-бы скромно ни было его положеніе, какъ-бы ни была узка сфера его дѣятельности, — безъ боязни и страха переноситъ мысль, что нить его собственнаго существованія когда-нибудь да порвется. Но и мыслью объ окончательномъ уничтоженіи всего рода живыхъ существъ, а слѣдовательно и всѣхъ плодовъ стремленій всѣхъ предшествовавшихъ поколѣній, — съ этой мыслью не могли примириться люди даже такого свободнаго и высокаго образа мыслей, какъ Лесингъ и Давидъ Штраусъ.

До сихъ поръ мы еще не знаемъ ни одного твердо установленнаго научными наблюденіями факта, который показывалъ-бы намъ, что тонкая и запутанная форма жизненнаго движенія можетъ существовать и помимо грубаго, тяжелаго вещества органическаго тѣла, который показывалъ-бы намъ, что это движеніе можетъ распространяться такимъ же самымъ способомъ, какъ звуковое движеніе струны, которое покидаетъ свое первоначальное тѣсное и прочное жилище и находитъ себѣ просторъ въ воздушномъ океанѣ, причемъ въ точности сохраняетъ и высоту своего тона и всѣ мельчайшія особенности звукового оттѣнка; даже при случаѣ, встрѣчая на пути созвучную струну, оно вновь вселяется въ нее и вызываетъ въ ней звуковыя колебанія. Точно также и пламя, это наиболѣе близкое изображеніе жизни между всѣми явленіями неодушевленной природы, если оно и потухнетъ, то порожденное имъ тепло останется навсегда неразрушимое, непреходящее, въ видѣ незамѣтнаго для глаза движенія, то сотрясая молекулы вѣсомой матеріи, то вызывая колебательное движеніе эфира, передающееся въ безграничныя бездны пространства. Даже и въ послѣднемъ случаѣ оно сохраняетъ еще всѣ характерныя особенности своего происхожденія, и наблюдателю, допрашивающему его въ спектроскопъ, оно разскажетъ свою исторію. Но лучи этого исчезнувшаго уже пламени могутъ, соединившись вновь, возжечь новое пламя и такимъ образомъ создадутъ какъ-бы новую тѣлесную жизнь.

Какъ пламя по внѣшнему виду постоянно остается однимъ и тѣмъ-же и непрерывно сохраняетъ одну и ту-же форму и тотъ-же составъ, не смотря на то, что съ каждымъ мгновеніемъ все новыя и новыя количества горючихъ паровъ и атмосфернаго кислорода вовлекаются въ круговоротъ его восходящихъ потоковъ, и какъ волна убѣгаетъ отъ насъ, неизмѣнно сохраняя свою первоначальную форму и всетаки въ каждое слѣдующее мгновеніе воздвигаясь изъ новыхъ частичекъ воды, такъ точно и въ живомъ организмѣ опредѣленная масса вещества, составляющая въ данный моментъ его тѣло, не есть тотъ основной субстратъ, къ которому пріурочено существованіе индивидуальности. Матеріалъ тѣла точно такъ же, какъ и пламени, под-

вергается непрерывнымъ и сравнительно быстрымъ измѣненіямъ, тѣмъ болѣе быстрымъ, чѣмъ энергичнѣе совершается жизнедѣятельность соотвѣтствующихъ органовъ. Нѣкоторыя составныя части тѣла возобновляются по прошествіи нѣсколькихъ дней, другія по прошествіи мѣсяцевъ, третьи по прошествіи нѣсколькихъ лѣтъ. То, что непрестанно остается, какъ нѣкоторая особенность индивидуума, это точно такъ же, какъ въ пламени и волнѣ,—нѣкоторая неизмѣнная форма движенія, которая постоянно вовлекаетъ въ свой круговоротъ новое вещество и выбрасываетъ вонъ негодное старое. Глухой наблюдатель познаетъ звуковыя колебанія только въ томъ случаѣ, если они, пріуроченныя къ инертной матеріи, могутъ дать ему зрительныя и осязательныя впечатлѣнія. Не уподобляются-ли наши чувства въ отношеніи познаванія жизни безсильному уху этого глухого наблюдателя?“

ГЛАВА VIII.

О системѣ міра.

Взглядъ Канта.— Аналогія между міроздапіемъ и газомъ.—Слѣдствія.

Одной изъ самыхъ чудныхъ картинъ, которыми даритъ человѣка природа, является, безъ сомнѣнія, звѣздное небо; оно единственное между великими и непостижимыми твореніями природы, которое, благодаря своему величію и грандіозности, благодаря тому, что оно, такъ сказать, дѣлаетъ для насъ наглядной саму безконечность,—выводитъ наше созерцаніе изъ узкихъ предѣловъ жизни. Видъ звѣзднаго неба производитъ на насъ прежде всего дѣйствіе эстетическаго характера, возбуждающее наши чувства, а вмѣстѣ съ тѣмъ и нашу фантазію; но также и для ума явленіе это представляетъ широкое поле дѣятельности, и уже въ самыя давнія времена, во времена первоначальнаго зарожденія человѣческаго знанія и человѣческой мудрости, мы встрѣчаемъ попытки разрѣшить ту великую загадку, которая вѣчно стоитъ передъ нами въ видѣ звѣзднаго неба. Сравнительно очень поздно созналъ геній Ньютона

ту связь, которая соединяетъ неразрывно небесныя звѣзды; еще позднѣе, на основахъ принциповъ Ньютона, Кантъ воздвигаетъ естественную исторію и теорію неба, съ которой мы уже познакомились, въ ея примѣненіи къ нашей планетной системѣ.

Кантъ не удовольствовался разсмотрѣніемъ одной планетной системы; разсужденія, которыя привели его къ сознанію условій происхожденія солнца и планетъ, онъ распространилъ и на всю совокупность міровъ; онъ пытался доказать, что весь звѣздный міръ, открывающійся нашему глазу, обладаетъ нѣкоторымъ систематическимъ, закономѣрнымъ устройствомъ, которое во всѣхъ отношеніяхъ вполнѣ сходно съ устройствомъ нашей планетной системы, что слѣдовательно міръ неподвижныхъ звѣздъ является какъ-бы планетной системой высшаго порядка.

Это предположеніе онъ основываетъ на слѣдующемъ разсужденіи. Каждый, кому приходилось, хотя-бы мелькомъ, наблюдать звѣздное небо, не могъ не обратить вниманія на ту своеобразную свѣтлую полосу, которую мы называемъ Млечнымъ путемъ. Эта свѣтлая полоса опоясываетъ все небо и образуетъ замкнутый кругъ, и притомъ большой кругъ. Такая необычная правильность въ сравненіи съ безпорядочнымъ и случайнымъ распредѣленіемъ неподвижныхъ звѣздъ должна вызвать въ насъ довольно своеобразное впечатлѣніе, въ особенности когда телескопъ покажетъ намъ, что весь Млечный путь состоитъ только изъ звѣздъ, которыя, благодаря ихъ громадному удаленію отъ насъ, не могутъ быть различены невооруженнымъ глазомъ. Слѣдовательно расположеніе въ пространствѣ тѣхъ неподвижныхъ звѣздъ, изъ которыхъ составленъ Млечный путь, является вполнѣ опредѣленнымъ и закономѣрнымъ, и нѣтъ никакой возможности объяснить такое расположеніе ихъ простой случайностью или зрительнымъ обманомъ. Итакъ, распредѣленіе одной части звѣздъ представляется намъ вполнѣ закономѣрнымъ и опредѣленнымъ, тогда какъ въ распредѣленіи другой части ихъ мы не замѣчаемъ ничего, кромѣ безпорядочности и произвольности; такое противорѣчіе не можетъ не показаться намъ страннымъ и должно привести насъ прямо къ мысли, не является-ли видимая произвольность въ

распредѣленіи второй группы звѣздъ только кажущейся.

Дѣйствительно, внимательный наблюдатель тотчасъ-же убѣдится, что всѣ неподвижныя звѣзды, на видъ разбросанныя безъ всякаго порядка, находятся въ извѣстной зависимости отъ той плоскости, которую мы можемъ привести черезъ кругъ Млечнаго пути. Эта зависимость состоитъ въ томъ, что громадное большинство неподвижныхъ звѣздъ сосредоточено вблизи указанной плоскости; слѣдовательно по отношенію къ міру неподвижныхъ звѣздъ можно высказать то же, что мы знаемъ относительно нашей солнечной системы: именно, что неподвижныя звѣзды лежатъ приблизительно въ одной плоскости, совершенно такъ-же, какъ планеты, вращающіяся вокругъ солнца, совершаютъ свои движенія приблизительно въ одной и той-же плоскости. То обстоятельство, что существуютъ неподвижныя звѣзды, которыя повидимому не лежатъ въ плоскости Млечнаго пути, можетъ быть объяснено слѣдующими двумя причинами. Во первыхъ, для большинства неподвижныхъ звѣздъ отклоненіе отъ плоскости Млечнаго пути должно считаться чисто кажущимся. Чтобы сдѣлать себѣ это возможно болѣе нагляднымъ, представьте себѣ колонну людей, безконечно длинную, но чрезвычайно узкую, въ ширину состоящую не болѣе чѣмъ изъ сотни людей. Всякому, кто занимаетъ мѣсто въ средней линіи этой колонны, будетъ казаться, что онъ со всѣхъ сторонъ окруженъ людьми; тѣмъ не менѣе колонна вовсе не представляетъ изъ себя круга, а только чрезвычайно длинную и очень узкую прямую линію; совершенно также дѣло обстоитъ и съ неподвижными звѣздами; послѣднія ни въ какомъ случаѣ не расположены по шарообразнымъ поверхностямъ, какъ можетъ казаться съ перваго взгляда,—совокупность ихъ образуетъ нѣкоторый дискъ, толщина котораго по сравненіи съ его поперечникомъ очень ничтожна. Не смотря на то, наблюдатель, находящійся на одной изъ звѣздъ, расположенной внутри диска, увидитъ себя окруженнымъ со всѣхъ сторонъ звѣздами, подобно тому, какъ человѣкъ, находящійся среди вытянутой въ линію колонны, видитъ себя окруженнымъ со всѣхъ сторонъ людьми. Но какъ послѣднему густота людской толпы въ направленіи длины колон-

ны должна казаться несравненно болѣе значительной, чѣмъ въ направленіи, перпендикулярномъ къ длинѣ колонны, такъ точно и обитатель звѣзды долженъ видѣть въ направленіи, перпендикулярномъ къ плоскости диска, гораздо менѣе звѣздъ, чѣмъ въ направленіи, совпадающемъ съ этой плоскостью,—что и наблюдается на самомъ дѣлѣ. Тѣмъ не менѣе звѣздное небо кажется намъ шарообразнымъ; причина этого заключается въ томъ, что всѣ неподвижныя звѣзды, благодаря ихъ громадному разстоянію отъ земли, представляются намъ, всѣ одинаково, въ видѣ ничтожныхъ точекъ, что далѣе между нами и этими звѣздами находится пустое пространство, вслѣдствіе чего мы совершенно лишены всякаго средства оцѣнить глазомъ разстояніе, отдѣляющее ихъ отъ земли; звѣзды кажутся намъ поэтому всѣ одинаково удаленными, т. е. представляются намъ расположенными по поверхности шара, хотя мы отлично знаемъ, что разстоянія ихъ отъ земли чрезвычайно различны. Итакъ, шарообразная форма звѣзднаго неба есть не болѣе, какъ оптическій обманъ.

Во вторыхъ, относительно звѣздъ, дѣйствительно расположенныхъ за предѣлами звѣзднаго диска, по аналогіи съ кометами, плоскости путей которыхъ также не совпадаютъ съ общей плоскостью планетныхъ орбитъ, мы можемъ сдѣлать предположеніе, что онѣ являются какъ-бы кометами этой планетной системы высшаго порядка, по отношенію къ которой эти звѣзды занимаютъ такое-же исключительное положеніе, какъ наши кометы по отношенію къ нашей планетной системѣ.

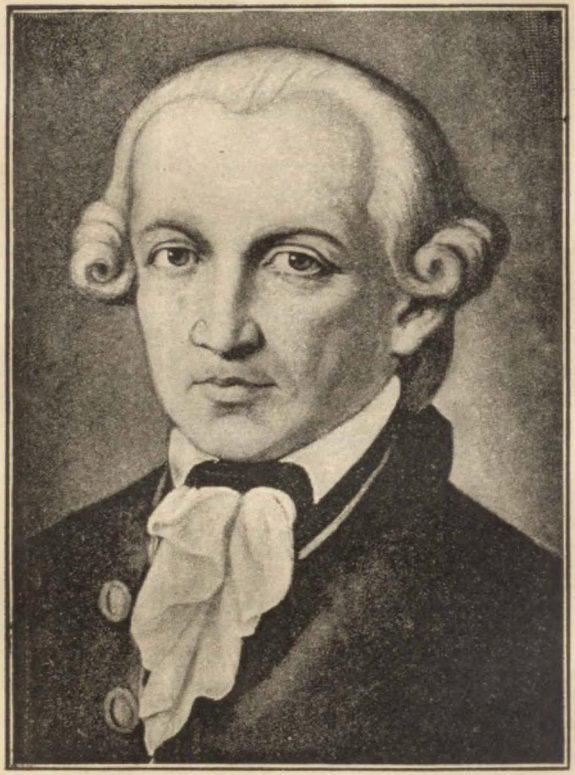
Распредѣленіе звѣздъ, слѣдовательно, не представляетъ никакихъ затрудненій для воззрѣній Канта. Я тотчасъ-же перейду къ дальнѣйшему изложенію представленій этого ученаго и философа. Планетами этой планетной системы являются тѣ міровыя тѣла, которыя мы называемъ неподвижными звѣздами; послѣднія въ свою очередь являются центрами (срединными точками) планетныхъ системъ низшаго порядка, а, какъ мы это знаемъ для нашей солнечной системы, вокругъ планетъ, входящихъ въ составъ системъ низшаго порядка, могутъ вращаться еще болѣе мелкія міровыя тѣла, ихъ спутники или луны. Но постараемся прослѣдить систематическое устройство мірозданія не по

направленію внизъ, къ болѣе мелкимъ системамъ и единицамъ, а по направленію вверхъ, къ болѣе крупнымъ! Сдѣлавъ предположеніе, что всѣ планетныя системы являются членами нѣкоторой планетной системы высшаго порядка, мы не имѣемъ никакого основанія останавливаться на системѣ Млечнаго пути, какъ на такой наивысшей планетной системѣ; мы можемъ пойти далѣе и принять, что система солнечнаго пути въ свою очередь есть только членъ нѣкоторой системы еще болѣе высокаго порядка, системы, въ которой системы, подобныя системѣ Млечнаго пути, играютъ роль планетъ. И такъ далѣе, и такъ далѣе, насколько вообще дозволитъ наша фантазія. Кантъ разсматриваетъ туманныя пятна какъ отдѣльныя системы, подобныя нашей системѣ солнечнаго пути, но не принадлежащія къ ней; мы уже видѣли, что болѣе позднія наблюденія въ томъ отношеніи подтвердили его взглядъ, что заставили принять большую часть туманностей не за дѣйствительныя туманности, а за собранія отдѣльныхъ звѣздъ.

Но наблюденіе, а вмѣстѣ съ нимъ и естествознаніе, не могутъ слѣдовать за умозрѣніемъ философа; этимъ я нисколько не хочу ограничить ихъ значеніе для созерцанія величественности устройства міра. Теперь возвратимся къ нашей системѣ Млечнаго пути; относительно этой системы наблюденіе можетъ дать намъ еще болѣе подробныя разъясненія.

Представленія Канта заставляютъ принять два слѣдующія предположенія. Во первыхъ то, что всѣ такъ называемыя неподвижныя звѣзды не находятся въ абсолютномъ покоѣ, а напротивъ того, какъ планеты нѣкоторой высшей системы, имѣютъ свои движенія; а во вторыхъ, что существуетъ нѣкоторое центральное тѣло, центральное солнце, вокругъ котораго происходятъ движенія неподвижныхъ звѣздъ по кривымъ, болѣе или менѣе приближающимся къ кругу.

Наблюденія дѣйствительно подтвердили, что неподвижныя звѣзды обладаютъ нѣкоторымъ движеніемъ. Но перемѣщенія этихъ звѣздъ, если они сами по себѣ и очень велики, представляются намъ, вслѣдствіе необычайнаго удаленія отъ земли, въ высшей степени ничтожными; только прибѣгая къ сравненію наблюденій, отдѣленныхъ другъ отъ



Иммануилъ Кантъ.

Дозв. ценз. Спб. 7 мая 1897 г.

Тип. Вольфа.

БИБЛІОТЕКА
ДЛЯ ВЫДАЧИ КНИГЪ НА ДОМЪ
М. С. П. о Н. Т.

друга громадными промежутками времени, можно замѣтить измѣненія ихъ положеній. Имѣющіяся у насъ въ рукахъ данныя не могутъ, конечно, претендовать на большую точность, такъ какъ точныя наблюденія надъ неподвижными звѣздами производятся всего лишь въ теченіе какихъ-нибудь ста лѣтъ. Но относительно положенія нѣкоторыхъ звѣздъ у насъ имѣются данныя еще изъ временъ глубокой древности, и для этихъ-то звѣздъ мы можемъ съ полной увѣренностью констатировать наличность довольно значительнаго перемѣщенія; такъ напримѣръ, звѣзда Арктуръ въ настоящее время удалена на два съ половиной поперечника луннаго диска отъ того мѣста, въ которомъ она находилась въ древности, во времена Гиппарха. Мы видимъ, что собственное движеніе неподвижныхъ звѣздъ, замѣчаемое нами, чрезвычайно незначительно. Въ самомъ дѣлѣ, намъ извѣстно всего двѣ или три звѣзды, перемѣстившіяся въ трехсотлѣтній промежутокъ времени по небесному своду на величину поперечника луннаго диска; 50 или 60 звѣздъ совершаютъ такое перемѣщеніе въ промежутокъ времени отъ 300 до 2000 лѣтъ, всѣ остальныя звѣзды движутся еще медленнѣе. Въ этомъ заключается причина того, что со временъ древности видъ звѣзднаго неба нисколько не измѣнился, и въ настоящее время онъ совершенно таковъ-же, какъ былъ нѣсколько тысячъ лѣтъ тому назадъ; происшедшія въ расположеніи неподвижныхъ звѣздъ измѣненія настолько ничтожны, что они совершенно не могутъ быть замѣчены наблюдателемъ, не имѣющимъ точныхъ данныхъ для сравненія.

По прошествіи болѣе значительныхъ промежутковъ времени, впрочемъ вполнѣ сравнимыхъ съ тѣмъ короткимъ промежуткомъ, который отдѣляетъ насъ отъ древности, получатся измѣненія въ расположеніи звѣздъ уже вполнѣ замѣтныя для глаза; такъ, по прошествіи 50.000 лѣтъ, чрезвычайно характерное и прекрасное созвѣздіе Большой Медвѣдицы,—хорошо извѣстное каждому ребенку,—вслѣдствіе различныхъ перемѣщеній составляющихъ его звѣздъ, приметъ совершенно иную форму, въ которой мы уже совсѣмъ не узнаемъ нынѣшняго сочетанія звѣздъ; то-же относится въ большей или меньшей степени и ко всѣмъ

остальнымъ созвѣздіямъ. Сами по себѣ, собственныя движенія неподвижныхъ звѣздъ, во всякомъ случаѣ, не такъ ничтожны. Для измѣренія разстоянія неподвижныхъ звѣздъ отъ земли мы прибѣгнемъ къ соотвѣтственно большой измѣрительной единицѣ, чтобы не получить слишкомъ громадныхъ чиселъ. За такую единицу мы примемъ одинъ годъ свѣтового времени или то разстояніе, которое проходитъ свѣтовая волна въ теченіе года. Скорость свѣта въ секунду равна 300.000 километровъ, слѣдовательно въ годъ (=31.536.000 секундъ) свѣтовое колебаніе распространится на разстояніе, равное 9.460.800.000.000, т. е. приблизительно $9^1/_2$ биллiонамъ километровъ. Слѣдовательно, если звѣзда, удаленная отъ земли на годъ свѣтового времени, перемѣстится по небесному своду на величину поперечника лучнаго диска, то для этого она должна пройти разстояніе въ 87.796.224.000 километровъ. Мы знаемъ, однако, что даже самая близкая къ намъ неподвижная звѣзда Толиманъ (самая яркая звѣзда въ созвѣздіи Центавра) удалена отъ насъ по крайней мѣрѣ на $42^1/_2$ года свѣтового времени! Кромѣ того, не слѣдуетъ упускать изъ виду, что неподвижныя звѣзды должны обладать также нѣкоторымъ движеніемъ и въ направленіи линіи зрѣнія, а такимъ движеніемъ не можетъ обусловливаться измѣненіе ихъ положенія на сводѣ небесномъ.

Если всѣ неподвижныя звѣзды имѣютъ свои особенныя движенія, то слѣдуетъ ожидать, что и солнце также не лишено такового. Уже давно дѣлались попытки опредѣлить величину и направленіе солнечнаго движенія; основаніемъ для всѣхъ этихъ попытокъ служило то соображеніе, что звѣзды, къ которымъ приближается солнце, должны раздвигаться, тѣ-же, отъ которыхъ оно удаляется, должны наоборотъ сближаться; само собою разумѣется, что какъ въ первомъ, такъ и во второмъ случаѣ происходящее измѣненіе въ расположеніи звѣздъ мы должны считать только кажущимся. Всѣ относящіяся сюда изслѣдованія дали вполнѣ согласные результаты, и такимъ образомъ можетъ считаться установленнымъ, что солнце передвигается по направленію къ созвѣздію Геркулеса.

Итакъ, представленіе Канта не противорѣчитъ фактамъ; насколько дѣло касается движенія неподвижныхъ звѣздъ,

остается еще раздѣлаться съ вопросомъ о существованіи центральнаго солнца. Этимъ вопросомъ особенно усердно занимался Мэдлеръ; онъ пытался доказать, что такимъ центральнымъ солнцемъ можно считать звѣзду Alcyone, наиболѣе яркое свѣтило группы Плеядъ; вокругъ этой-то звѣзды, какъ общаго центра, и движутся наше солнце, всѣ великія полчища неподвижныхъ звѣздъ и Млечный путь. Разстояніе звѣздъ Alcyone отъ нашего солнца онъ опредѣлилъ въ 715 годовъ свѣтового времени; время, въ теченіе котораго наше солнце совершаетъ одно полное обращеніе вокругъ центральнаго солнца, по его вычисленіямъ составляетъ 22 милліона лѣтъ. Впрочемъ, въ послѣднее время доказано, что опредѣленіе Мэдлера основываются на предположеніяхъ, не выдерживающихъ критики. Поэтому ученые окончательно отказались отъ гипотезы, принимающей существованіе центральнаго солнца. Наблюденія показываютъ намъ, что собственныя движенія неподвижныхъ звѣздъ совершаются по прямымъ линіямъ, въ особенности относительно солнца можно считать вполнѣ установленнымъ, что нѣтъ ни одного наблюденія, на основаніи котораго можно было-бы заключить объ отклоненіи его пути отъ прямой линіи.

Итакъ, вообще говоря, должно считать собственныя движенія неподвижныхъ звѣздъ прямолинейными. Каждая звѣзда продолжаетъ свое движеніе по прямой линіи до тѣхъ поръ, пока какое-нибудь внѣшнее воздѣйствіе, вліяніе силъ притяженія со стороны тѣхъ звѣздъ, къ которымъ она приближается настолько, что вліяніе ихъ становится достаточно значительнымъ, не отклонитъ ее отъ первоначальнаго направленія. Но если, какъ показываетъ наблюденіе, неподвижныя звѣзды обладаютъ особыми движеніями, если далѣе движенія ихъ, какъ это и есть на самомъ дѣлѣ, совершаются по всевозможнымъ направленіямъ, то слѣдовательно наша система Млечнаго пути должна представлять совершенно такую-же картину, какую изображаетъ передъ нами новѣйшая теорія газовъ для системы газовыхъ частицъ. Мнѣ уже раньше, въ третьей главѣ, приходилось указывать на то, какое громадное сходство существуетъ между отношеніями, дѣйствующими въ царствѣ звѣздъ, и тѣми, которыя намъ извѣстны для частицъ газа; теперь

настало время вывести всѣ слѣдствія изъ этого сходства.

Новѣйшая теорія газовъ учитъ, что молекулы газа движутся прямолинейно, пока не натолкнутся другъ на друга, послѣ чего благодаря своей упругости они вновь отскакиваютъ въ различныя стороны. При помощи этой чрезвычайно простой гипотезы мы можемъ объяснить всѣ явленія, наблюдаемыя нами въ газахъ. Особенно интересны для насъ двѣ величины, вполнѣ опредѣлимыя на основаніи приведенной гипотезы: такъ называемая средняя длина пути и средняя скорость, съ которой движутся газовыя молекулы различныхъ газовъ, обладающихъ одинаковою температурою и находящихся подъ одинаковымъ давленіемъ.

Вообще говоря, не всѣ частицы одного и того-же газа движутся съ одной и той-же быстротой; однѣ совершаютъ свое движеніе быстрѣе, другія медленнѣе. Но намъ совершенно достаточно знать среднюю величину этихъ скоростей. Послѣднія при нормальномъ давленіи и температурѣ въ нуль градусовъ равны:

для водорода — 1843 метра въ секунду
„ воздуха — 492 „ „ „
„ кислорода— 461 „ „ „
„ азота — 485 „ „ „

Средней длиной пути называется то разстояніе, которое въ среднемъ пролетаетъ молекула, прежде чѣмъ натолкнется на вторую молекулу; эта средняя длина пути равна:

для водорода — 156 тысячемилліонныхъ долей метра
„ воздуха — 80 „ „ „
„ кислорода— 85 „ „ „
„ азота — 81 „ „ „

Изъ этихъ двухъ величинъ мы можемъ вычислить среднее число ударовъ и среднее время, проходящее между двумя слѣдующими другъ за другомъ ударами. Если какая-нибудь молекула проходитъ въ секунду 1000 метровъ и черезъ каждый метръ пути наталкивается на другую моле-

кулу, то въ теченіе секунды произойдетъ 1000 столкновеній, это и есть среднее число ударовъ, а между двумя слѣдующими другъ за другомъ столкновеніями протечетъ среднее время ударовъ, равное одной тысячной секунды. На основаніи вычисленій, произведенныхъ означеннымъ образомъ, мы получаемъ:

для	среднее число ударовъ		среднее время ударовъ		
водородъ	11.750	милліон.	одна	11.750 милліон.	секунда
воздухъ	6.062	»	»	6.062 »	»
кислородъ	5.423	»	»	5.423 »	»
азотъ	6.074	»	»	6.074 »	»

По аналогіи съ движеніями газовыхъ частицъ, мы можемъ и относительно какой-нибудь неподвижной звѣзды, напр. относительно нашего солнца, предъявить вопросъ, какъ велико то время, которое протекаетъ между двумя послѣдовательными столкновеніями нашего солнца съ другими звѣздами, и какъ великъ средній путь, проходимый неподвижными звѣздами отъ одного столкновенія до другаго.

Вычисленія даютъ слѣдующіе результаты: средняя скорость неподвижныхъ звѣздъ равна 42 километрамъ, средняя длина пути равна 9396 триліонамъ годовъ свѣтового времени, а время, проходящее между двумя послѣдовательными столкновеніями,—328 трилліонамъ лѣтъ.

Слѣдовательно, столкновеніе двухъ звѣздъ должно считаться въ высшей степени рѣдкимъ событіемъ. Тѣмъ не менѣе необходимо считаться съ нимъ, если мы желаемъ перечислить всѣ причины, угрожающіе гибелью и разрушеніемъ нашей планетной системѣ. Число приведенное нами для средняго времени, протекающаго между двумя столкновеніями, должно немножко сократиться, благодаря тому, что нѣкоторое нарушеніе цѣльности планетной системы, могущее вызвать столкновеніе планетъ между собою, наступитъ уже при приближеніи нашего солнца на 1500 милліоновъ километровъ въ какой-нибудь неподвижной звѣздѣ. Между двумя такими приближеніями должно пройти время, равное 347 билліонамъ лѣтъ. Если мы предположимъ, что наше солнце послѣ послѣдняго приближенія

прошло половину всего пути до слѣдующаго такого приближенія, то окажется, что нашей планетной системѣ предстоитъ прожить еще 173 билліона лѣтъ.

На этомъ мы закончимъ нашу экскурсію въ область космогоніи и перейдемъ къ физикѣ эфира.

ГЛАВА XIX.

Объ основныхъ ученіяхъ электростатики.

I.

Электризація треніемъ.—Электрическій маятникъ.—Хорошіе и дурные проводники электричества.—Два рода электричества.—Электрическая единица количества электричества.—Законъ Кулона.—Электрическая сила въ данной точкѣ.

Общее притяженіе массъ, обыкновенно называемое тяжестью, для тѣлъ небольшихъ размѣровъ чрезвычайно ничтожно и не въ состояніи привести ихъ въ движеніе, вслѣдствіе чего это притяженіе въ большинствѣ случаевъ совершенно не можетъ быть нами замѣчено, и присутствіе его доказывается лишь самыми тонкими и деликатными аппаратами. Если мы положимъ на столъ нѣсколько небольшихъ кусочковъ бумаги и приблизимъ къ нимъ палочку сургуча, то кусочки бумаги останутся въ полномъ покоѣ, не смотря на притяженіе, существующее между ними и палочкой сургуча; покой ихъ не нарушится даже въ томъ случаѣ, если мы уменьшимъ разстояніе между ними и сургучомъ почти до нуля. Если-же мы попробуемъ потереть сургучъ о наше платье и затѣмъ повторимъ опытъ, то мы тотчасъ же увидимъ совершенно иную картину: кусочки бумаги подпрыгиваютъ къ сургучевой палочкѣ; часто уже съ разстоянія въ нѣсколько сантиметровъ; они, слѣдовательно притягиваются сургучемъ; прикоснувшись къ нему, они тотчасъ-же падаютъ внизъ. (Иногда нѣкоторые кусочки бумаги остаются висѣть на сургучѣ, что объясняется дѣйствіемъ силы прилипанія, совершенно подобной той силѣ, которая заставляетъ воду приставать къ стеклу). Произведенный нами опытъ показы-

ваетъ, что сургучу можно сообщить треніемъ способность притягивать другія тѣла, но притяженіе прекращается тотчасъ-же послѣ соприкосновенія тѣла съ сургучомъ. Изъ дальнѣйшихъ опытовъ мы узнаемъ, что не только сургучу, но и многимъ другимъ тѣламъ мы можемъ сообщить эту способность, при помощи тренія; первыя наблюденія въ этомъ направленіи были произведены уже въ древней Греціи, а именно надъ янтаремъ, по гречески называющимся электронъ; поэтому и тѣла, приведенныя при помощи тренія въ означенное состояніе, называются наэлектризованными. Вотъ что говоритъ опытъ. Если фактъ притяженія тѣлъ другъ къ другу мы выражали такимъ образомъ, что между тѣлами дѣйствуетъ нѣкоторая сила притяженія, то и въ настоящемъ случаѣ мы также введемъ понятіе силы и скажемъ, что благодаря тренію на тѣлахъ возбуждается электричество, которому и должны быть приписаны всѣ вышеописанныя дѣйствія. Итакъ, къ разсмотрѣннымъ уже нами силамъ природы, тяжести и теплотѣ, мы должны прибавить еще одну новую: электричество. Разсмотрѣнныя силы природы мы признали какъ нѣкоторыя формы энергіи, точно также и въ электричествѣ мы принуждены будемъ признать одну изъ формъ энергіи; мы сочли возможнымъ теперь-же упомянуть объ этомъ въ виду того, что даже приведенный нами простой опытъ даетъ намъ способъ, именно дѣйствіе треніемъ, превращать механическую энергію въ электрическую.

Теперь обратимся вновь къ опытной сторонѣ дѣла. Прежде всего намъ необходимъ аппаратъ, который помогъ-бы намъ съ увѣренностью узнать, наэлектризованоли данное тѣло или-же нѣтъ. Такіе аппараты мы называемъ электроскопами. Наиболѣе простымъ по устройству электроскопомъ является электрическій маятникъ, состоящій изъ бузиноваго шарика (бузину выбираютъ ради ея легкости), который подвѣшенъ на шелковой нити. Если мы станемъ приближать къ этому маятнику какое-нибудь наэлектризованное тѣло, то бузиновый шарикъ сперва притягивается имъ, но затѣмъ вновь отталкивается отъ него; если-же тѣло не наэлектризовано или-же электризація его слишкомъ слаба, чтобы произвести дѣйствіе даже на этотъ аппаратъ, то маятникъ остается въ покоѣ. При помощи

этого прибора мы находимъ, что всѣ смолы, янтарь, сѣра, стекло, каучукъ (эбонитъ) и подобныя имъ вещества сильно электризуются отъ тренія; между тѣмъ какъ драгоцѣнныя камни, дерево и уголь вызываютъ едва замѣтное притяженіе бузиноваго шарика, всѣ же металлы совершенно не электризуются при треніи. Согласно результатамъ этихъ опытовъ, всѣ тѣла раздѣлили на два класса, на тѣла, электризующіяся отъ тренія, ихъ назвали идіоэлектрическими (idios=присущій), и на тѣла, не электризующіяся, анэлектрики (an=не).

Такой результатъ нашихъ опытовъ долженъ показаться намъ въ высшей степени неожиданнымъ, если принять во вниманіе, что, какъ мы уже имѣли случай замѣтить, электричество есть одна изъ формъ энергіи;—мы позволяемъ себѣ пользоваться такимъ взглядомъ на электричество, оставляя доказательство правильности нашего воззрѣнія до болѣе удобнаго случая. Вѣдь если въ нѣкоторыхъ тѣлахъ механическая энергія можетъ превращаться при треніи въ электричество, въ другихъ-же нѣтъ, то такое различіе должно быть обусловлено какимъ-либо скрытымъ свойствомъ,—но отъ скрытыхъ свойствъ Боже насъ избави,—лучше намъ не имѣть дѣла съ ними.

Къ счастью намъ и не за чѣмъ прибѣгать къ ихъ помощи. Англійскій физикъ Грэй сдѣлалъ въ 1727 году открытіе, показавшее, что и металлы могутъ принимать электрическое состояніе. Въ открытый конецъ стеклянной трубки онъ помѣстилъ кусокъ металлической проволоки и закрѣпилъ его при помощи пробки; къ высовывавшемуся изъ трубки концу проволоки онъ привѣсилъ металлическую цѣпь. Какъ только стеклянная трубка, благодаря тренію, получала электрическій зарядъ, тотчасъ-же проволока и цѣпь по всей своей длинѣ пріобрѣтали свойство притягивать легкія тѣла. Этимъ было доказано, что и анэлектрики могутъ принимать электрическое состояніе; но изъ этого опыта мы узнаемъ и нѣчто большее, именно то, что чрезъ анэлектрики можетъ происходить передача электрическаго состоянія.

На основаніи этого анэлектрики называются проводниками; такое обозначеніе гораздо болѣе характерно и правильно. Идіоэлектрическія тѣла напротивъ того совер-

менно неспособны проводить электричество; если, напр., мы станемъ тереть одинъ конецъ стеклянной палочки, то другой ея конецъ все-таки не будетъ дѣйствовать на электрическій маятникъ, онъ слѣдовательно остался не наэлектризованнымъ. Въ виду этого идіоэлектрическія тѣла называются непроводниками или изоляторами.

Теперь для насъ становится понятнымъ отношеніе анэлектриковъ при электризаціи, но, такъ какъ человѣческое тѣло является хорошимъ проводникомъ, то электричество тотчасъ-же уходитъ чрезъ нашу руку въ землю. Совсѣмъ другой эффектъ, если мы не будемъ непосредственно прикасаться къ металлу, а между рукою и металломъ помѣстимъ какой-нибудь непроводникъ, препятствующій передвиженію возбужденнаго на металлѣ электричества въ руку и, слѣдовательно, какъ говорятъ изолирующій металлическое тѣло; въ этомъ случаѣ опытъ удается такъ же, какъ и съ идіоэлектрическими тѣлами. Если мы укрѣпимъ латунный шарикъ на стеклянномъ стержнѣ, который долженъ служить намъ ручкой, то, потирая этотъ шарикъ о нашу бороду (не касаясь однако кожи), мы съ легкостью можемъ наэлектризовать его и привести въ движеніе электрическій маятникъ. Изъ всего сказаннаго мы должны еще заключить, что и воздухъ является изолирующей средой, такъ какъ въ противномъ случаѣ электричество латуннаго шарика должно-бы исчезнуть.

Для тѣхъ читателей, которые пожелали-бы сами продѣлать приведенные нами въ высшей степени простые опыты, мы замѣтимъ еще, что даже самые совершенные изоляторы становятся проводниками, если на нихъ осаждается влага. Поэтому, для того, чтобы опыты шли удачно, необходимо всѣ предметы, какъ-то стеклянныя ножки, палочки смолы и т. д. тщательно высушивать, для чего ихъ предварительно нагрѣваютъ, затѣмъ вытираютъ смоченной въ спирту тряпкой и наконецъ уже окончательно высушиваютъ сухимъ теплымъ кускомъ ткани.

Наше раздѣленіе всѣхъ тѣлъ на проводники и непроводники лучше замѣнить раздѣленіемъ на хорошіе и дурные проводники, такъ какъ даже самымъ лучшимъ непроводникамъ свойственна нѣкоторая, чрезвычайно ничтожная проводимость.

Тотъ-же электрическій маятникъ послужитъ намъ и для дальнѣйшихъ открытій. Если мы наэлектризуемъ стеклянный стержень, то онъ станетъ притягивать бузиновый шарикъ маятника; но лишь только между шарикомъ и стекломъ произойдетъ прикосновеніе, шарикъ, какъ уже было упомянуто, тотчасъ-же вновь отскочитъ назадъ, послѣ чего, какъ сейчасъ-же замѣтитъ внимательный наблюдатель, онъ не возвратится уже въ первоначальное положеніе равновѣсія, а останется отклоненнымъ отъ него въ противоположную сторону. Послѣ прикосновенія бузиновый шарикъ отталкивается стеклянным стержнемъ; въ этомъ можно еще лучше убѣдиться, если приблизить къ шарику стеклянный стержень, вслѣдствіе чего маятникъ отклонится еще сильнѣе отъ своего положенія покоя. Если мы станемъ изслѣдовать самый маятникъ, то окажется, что и онъ принялъ электрическое состояніе. Прикосновеніемъ руки освободимъ его отъ электрическаго заряда, этимъ мы возвратимъ его въ первоначальное состояніе; шарикъ вновь будетъ притягиваться стекляннымъ стержнемъ и т. д., какъ раньше. Изъ этого опыта мы узнаемъ, что шарику маятника при прикосновеніи было сообщено электричество; такъ какъ никакихъ другихъ измѣненій при этомъ не произошло, то послѣдовавшее затѣмъ отталкиваніе могло быть вызвано только электризаціей; изъ этого слѣдуетъ, что электричества стекляннаго стержня и бузиноваго шарика взаимно отталкиваются.

Возьмемъ опять ненаэлектризованный маятникъ и повторимъ опытъ съ каучуковымъ стержнемъ; результатъ получится совершенно тотъ-же. Но если мы возьмемъ два электрическихъ маятника, изъ которыхъ одинъ наэлектризованъ прикосновеніемъ стекляннаго стержня, натертаго шелковой тканью, другой-же прикосновеніемъ каучуковаго стержня, натертаго кошачьимъ мѣхомъ, то мы увидимъ слѣдующее: шарикъ, наэлектризованный или, какъ говорятъ, получившій свой зарядъ отъ стеклянной палочки, притягивается каучуковымъ стержнемъ, шарикъ-же, получившій свой зарядъ отъ каучуковаго стержня, притягивается стекляннымъ стержнемъ.

Отсюда слѣдуетъ, что электричество шелковой ткани стекла не тожественно съ электричествомъ

натертаго кошачьимъ мѣхомъ каучука (или также смолы), такъ какъ каждымъ изъ нихъ отталкивается тотъ маятникъ, который притягивается другимъ.

Это свойство электричества должно считаться основнымъ; его можно выразить слѣдующимъ положеніемъ: два тѣла, заряженныя однороднымъ электричествомъ, взаимно отталкиваются, два тѣла, заряженныя разнородными электричествами, взаимно притягиваются.

Оба рода электричества—третьяго не извѣстно—названы, одинъ стекляннымъ электричествомъ, другой—смоляннымъ электричествомъ. Стеклянное электричество также называютъ положительнымъ, смоляное и отрицательнымъ,—этими обозначеніями отмѣчается противуположный характеръ обоихъ электричествъ. Приведенные термины вошли во всеобщее употребленіе и въ нижеслѣдующемъ изложеніи мы будемъ исключительно ими пользоваться. Открытіе двухъ различныхъ электричествъ было сдѣлано ученымъ Дюфа въ 1773.

Мы имѣемъ полное основаніе предположить, что притяженіе и отталкиваніе электричествъ подчиняется тому же закону, который былъ установленъ Ньютономъ для тяготенія. Французскій физикъ Кулонъ изслѣдовалъ очень подробно этотъ вопросъ; произведенные имъ, чрезвычайно точные опыты привели къ слѣдующимъ результатамъ.

Дѣйствіе, производимое другъ на друга двумя наэлектризованными тѣлами, размѣры которыхъ малы по сравненію съ раздѣляющимъ ихъ разстояніемъ, направлено по прямой, соединяющей оба тѣла, и находится въ обратной зависимости отъ квадрата разстоянія (квадрата разстояніе = разстояніе, умноженное на самое себя). Кромѣ того, это дѣйствіе зависитъ отъ электрическаго состоянія, электризаціи, соотвѣтствующихъ тѣлъ.

Законъ электрическаго дѣйствія, значитъ, тотъ же, что и законъ тяготѣнія. На основаніи этого пользуются совершенно одинаковыми обозначеніями; электризація опредѣляется количествомъ находящагося на тѣлѣ электричества; это количество электричества называютъ электрической массой. Теперь передъ нами возникаетъ необходимость установить какое-либо мѣрило электрической массы. Мы могли-бы совершенно произвольно установить такую еди-

ницу мѣры, какъ мы произвольно выбрали измѣрительную единицу массы, граммъ; но, чтобы не увеличивать излишне запасъ измѣрительныхъ единицъ, мы поступимъ слѣдующимъ образомъ. Единица массы служитъ намъ для установленія единицы силы. Здѣсь же мы воспользуемся, наоборотъ, полученной такимъ способомъ единицей силы для установленія единицы электрической массы; мы постановимъ слѣдующее: если электрическое дѣйствіе, имѣющее мѣсто между двумя совершенно одинаковыми, очень небольшими наэлектризованными тѣлами, разстояніе которыхъ другъ отъ друга равняется единицѣ длины, равно единицѣ силы, то количество электричества или электрическая масса каждаго изъ двухъ тѣлъ должна считаться единицей электрической массы.

Въ одной изъ предъидущихъ главъ мы привели слѣдующее равенство $P=m\times g$, которое значитъ: сила = масса × ускореніе; единица силы и есть именно та сила, которая сообщаетъ единицѣ массы (грамму) единицу ускоренія (сантиметръ въ секунду). Далѣе мы видѣли, что кубическій сантиметръ воды (= 1 граммъ) при свободномъ паденіи пріобрѣтаетъ, благодаря дѣйствію силы тяжести, ускореніе въ 980 сантиметровъ въ секунду; слѣдовательно, сила, съ которою дѣйствуетъ на него земля, равна 980 установленнымъ нами единицамъ силы, или наоборотъ, наша единица силы, мы называемъ ее диной, равна одной 980-ой части той силы, съ которой земля притягиваетъ массу одного грамма (какого-либо тѣла). Мы можемъ, слѣдовательно, всякую силу, измѣривъ ее предварительно единицами вѣса, выразить въ динахъ. Пользуясь единицей силы, диной, мы можемъ кратко опредѣлить единицу электрической массы слѣдующимъ образомъ: единицей электрической массы мы называемъ такую электрическую массу, которая на равную ей и удаленную отъ нея на одинъ сантиметръ электрическую массу дѣйствуетъ съ силой, равной одной динѣ. При установленіи этой единицы мы не придумывали новыхъ, произвольныхъ единицъ, мы ограничились комбинированіемъ старыхъ, уже ранѣе установленныхъ единицъ, единицы массы (граммъ), единицы длины (сантиметръ) и единицы времени (секунда).

До сихъ поръ мы разсматривали электричество, нахо-

дящееся въ покоѣ; но, какъ мы уже видѣли ранѣе, нѣкоторыя тѣла проводятъ электричество и, слѣдовательно, допускаютъ передвиженіе его; въ виду этого мы отдѣляемъ ученіе объ электричествѣ, находящемся въ покоѣ, электростатику, отъ ученія объ электричествѣ, находящемся въ движеніи, гальванизма (названіе дано по имени ученаго Гальвани). Гальванизмъ даетъ намъ также способъ для измѣренія количествъ электричества, поэтому мы назовемъ установленную нами единицу электрической массы электростатической единицей, въ отличіе отъ той, которая примѣняется въ гальванизмѣ и о которой рѣчь будетъ впереди. Объ эти различныя измѣрительныя единицы стоятъ въ нѣкоторомъ, въ высшей степени замѣчательномъ отношеніи къ теоріи свѣта; въ виду этого мы и удѣляемъ имъ столько мѣста въ нашихъ бесѣдахъ.

Но покончимъ съ нашимъ отступленіемъ и возвратимся къ изслѣдованіямъ Кулона! Если при неизмѣненномъ электрическомъ состояніи одного тѣла и при неизмѣненномъ разстояніи между тѣлами, дѣйствіе тѣлъ другъ на друга увеличится въ 2, 3, 4 раза, то, по закону Кулона, второе тѣло должно обладать въ 2, 3, 4 раза большей электрической массой, чѣмъ первое. Слѣдовательно, способъ измѣренія электрической массы упрощается еще больше и сводится къ измѣренію той силы, съ которой данная электрическая масса дѣйствуетъ на другую, уже извѣстную намъ электрическую массу, на разстояніи также извѣстномъ. Взаимное дѣйствіе двухъ наэлектризованныхъ тѣлъ, зависитъ, кромѣ разстоянія, отъ произведенія ихъ электрическихъ массъ; именно оно возрастаетъ при увеличеніи массъ.

Если мы потремъ другъ о друга два тѣла, напр. стеклянную и металлическую пластинки,—металлическая пластинка, конечно, должна быть изолирована—то оба тѣла наэлектризуются, въ чемъ мы можемъ убѣдиться при помощи электрическаго маятника. Если же мы приведемъ ихъ въ соприкосновеніе, наложивъ одну пластинку на другую, то полученная такимъ образомъ двойная пластинка будетъ относиться къ каждому внѣшнему наэлектризованному или ненаэлектризованному тѣлу такъ, какъ если-бы она не имѣла никакого заряда; она не произведетъ отклоненія

маятника. Мы можемъ однако легко убѣдиться, что, не смотря на кажущееся отсутствіе электризаціи, вызванныя треніемъ электрическія свойства не исчезли въ пластинкахъ; для этого намъ стоитъ только разъединить пластинки и мы тотчасъ-же увидимъ, что каждая изъ нихъ вполнѣ сохранила свою электризацію. Тотъ фактъ, что наложенныя другъ на друга онѣ не проявляютъ никакого электрическаго дѣйствія, можетъ быть объясненъ только тѣмъ, что дѣйствіе одной пластинки въ точности равно, но противуположно дѣйствію другой пластинки.

Изъ этихъ опытовъ непосредственно вытекаютъ слѣдующія положенія:

Треніемъ двухъ тѣлъ другъ о друга мы вызываемъ въ нихъ одинаковыя количества разнородныхъ электричествъ.

Зависимость дѣйствія отъ разстоянія для обоихъ родовъ электричества одна и та-же.

Эти два положенія приводятъ къ признанію обоихъ родовъ электричества, стекляннаго электричества и смоляного, какъ мы ранѣе ихъ назвали, величинами одного и того-же характера, одного и того-же рода, но обладающими противуположными знаками. Такое воззрѣніе, допускающее какъ уже было упомянуто, примѣненіе знаковъ + и —, въ значительной мѣрѣ упрощаетъ способъ выраженія. Если какая-нибудь замкнутая поверхность, напр. полый шаръ, заключаетъ въ себѣ электрическія массы разныхъ родовъ, то дѣйствіе ихъ на единицу смоляного электричества, находящуюся внѣ этой поверхности, на разстояніи, достаточно большомъ по сравненію съ размѣрами поверхности, зависитъ отъ разности количествъ электричества обоихъ родовъ; дѣйствіе это состоитъ или въ притяженіи, или въ отталкиваніи, смотря по тому, преобладаетъ-ли стеклянное или смоляное электричество. Введеніемъ знаковъ + и — мы можемъ значительно упростить выраженіе этихъ фактовъ: совокупное дѣйствіе заключенныхъ въ данной поверхности электрическихъ массъ на единицу отрицательнаго электричества, находящуюся внѣ этой поверхности, зависитъ отъ суммы электрическихъ массъ и, смотря по знаку суммы, состоитъ въ притяженіи или въ отталкиваніи. Сло-

женіе должно производиться такимъ образомъ, чтобы каждая масса входила въ сумму со своимъ знакомъ.

Послѣ этихъ предварительныхъ разъясненій мы можемъ теперь представить систематическое выраженіе закона Кулона. По этому закону, электрическое дѣйстіе W, имѣющее мѣсто между двумя небольшими тѣлами, находящимися другъ отъ друга на разстояніи r и заряженными электрическими массами e и e_1, можетъ быть выражено слѣдующей формулой:

$$W = \frac{e \times e_1}{r \times r}$$

Это выраженіе по формѣ вполнѣ сходно съ тѣмъ выраженіемъ, которое мы привели въ одной изъ предшествующихъ главъ для закона тяготѣнія, установленнаго Ньютономъ. Къ приведенной формулѣ намъ слѣдуетъ добавить еще разъясненія, касающіяся притяженія и отталкиванія. И въ томъ, и въ другомъ случаѣ выраженіе наше должно удовлетворять требованіямъ. Припомнимъ основныя правила алгебры и постараемся приложить ихъ къ нашему случаю. Положимъ, что обѣ массы положительны. Умноженіе положительной величины на положительную величину, по правиламъ алгебры; даетъ въ произведеніи положительную величину. Слѣдовательно, положительное W обозначаетъ отталкиваніе, отрицательное притяженіе. Если обѣ массы отрицательны, то — произведеніе отрицательной величины на отрицательную величину есть величина положительная—получается опять отталкиваніе. Если одна масса положительна, другая-же отрицательна, то положительная величина на отрицательную величину даетъ величину отрицательную, слѣдовательно происходитъ притяженіе. Итакъ, приведенное нами выраженіе удовлетворяетъ во всѣхъ случаяхъ поставленнымъ условіямъ и слѣдовательно выполняетъ тѣ требованія, которыя оно должно выполнять и которыя заключаются въ томъ, чтобы при вычисленіи всегда получались правильные, согласные съ природой результаты. Такого рода вычисленія, конечно, уже не входятъ въ нашу область, и мы должны ихъ предоставить математической физикѣ.

Если какая-нибудь электрическая масса находится подъ вліяніемъ различныхъ наэлектризованныхъ тѣлъ, то понят-

но, что производимое на эту массу дѣйствіе слагается изъ совокупности всѣхъ тѣхъ дѣйствій, которыя производятся отдѣльными электрическими массами, независимо отъ того, пріурочены-ли эти массы къ различнымъ тѣламъ, или-же онѣ являются только отдѣльными частями заряда одного и того же тѣла. Предположимъ теперь, что электрической массы, о которой мы только-что говорили, не существуетъ, въ такомъ случаѣ въ томъ мѣстѣ, гдѣ она первоначально находилась, не будетъ уже происходить никакого замѣтнаго дѣйствія, хотя силы, исходящія изъ остальныхъ массъ и продолжаютъ существовать такъ же, какъ и ранѣе. Для простоты выраженія, мы называемъ электрической силой въ данной точкѣ пространства, въ которомъ дѣйствуютъ электрическія силы, то дѣйствіе, которое испытала-бы единица положительнаго электричества, если-бы находилась въ этой точкѣ пространства.

II.

Дробленіе электрическихъ массъ.—Электрическая искра.—Возбужденіе электричества при прикосновеніи.—Электростатическая индукція или возбужденіе электричества чрезъ вліяніе.—Возвратный ударъ.—Электрическій листъ Франклина и лейденская банка.—Электрическое равновѣсіе.—Діэлектрики.—Распредѣленіе электричества на проводникахъ.

Кулонъ доказалъ прямыми опытами, что, если какой-нибудь наэлектризованный шарообразный проводникъ привести въ соприкосновеніе съ другимъ, совершенно равнымъ ему по формѣ и величинѣ, но не заряженнымъ электрически проводникомъ, то по разобщеніи обоихъ проводниковъ окажется, что каждый изъ нихъ обладаетъ электрическимъ зарядомъ, составляющимъ однако только половину того заряда, который въ началѣ имѣлъ первый проводникъ. Каждый изъ проводниковъ дѣйствуетъ теперь съ половиной той силы, которую первоначально проявлялъ заряженный проводникъ, до соприкосновенія съ незаряженнымъ проводникомъ. Если-же второй проводникъ не находился до соприкосновенія, въ нейтральномъ состояніи, а обладалъ также нѣкоторымъ зарядомъ, то послѣ соприкосновенія все-таки оба проводника будутъ имѣть одинаковые заряды, причемъ зарядъ каждаго изъ нихъ будетъ равенъ полусуммѣ

Михаель Фарадей.

Дозв. ценз. Спб. 7 мая 1897 г. Тип. Вольфа.

БИБЛІОТЕКА
ДЛЯ ВЫДАЧИ КНИГЪ НА ДОМЪ
М. С. П. о Н. Т.

первоначальныхъ зарядовъ. Это правило примѣнимо во всѣхъ случаяхъ; если, напр., первоначальные заряды проводниковъ равны, но противуположны по знакамъ, то окончательный зарядъ будетъ равенъ нулю, и проводники не будутъ находиться послѣ соприкосновенія въ электрическомъ состояніи.

Отношенія эти нисколько не измѣняются и въ случаѣ проводниковъ произвольной формы, если только послѣдніе совершенно ровны, и соприкосновеніе происходитъ такимъ образомъ, что проводники являются вполнѣ одинаково расположенными вправо и влѣво отъ точки прикосновенія, или какъ говорятъ, лежатъ симметрично по отношенію къ точкѣ касанія. Если условія симметріи не исполнено, или же мы имѣемъ дѣло съ членами неодинаковой величины и различной формы, то разрѣшеніе задачи становится чрезвычайно затруднительнымъ, и мы только въ немногихъ случаяхъ въ состояніи вычислить распредѣленіе зарядовъ. Но общій законъ, установленный нами для шарообразныхъ проводниковъ, все еще остается въ силѣ: сумма зарядовъ, послѣ соприкосновенія, всегда равна суммѣ зарядовъ до соприкосновенія. Законъ этотъ примѣнимъ во всѣхъ случаяхъ, независимо отъ того, сколько тѣлъ и какой формы проводники приводятся въ соприкосновеніе. Сумма зарядовъ всей системы остается неизмѣнной, какими бы способами мы ни приводили въ соприкосновеніе проводники и какъ-бы ни распредѣляли между ними заряды, если только, разумѣется, не произойдетъ соединеніе какого-либо одного изъ проводниковъ съ землей, хотя-бы на одинъ моментъ.

Относительно вліянія неравенства и неодинаковости тѣлъ можно въ общемъ сказать, что распредѣленіе зарядовъ зависитъ какъ отъ формы, такъ и отъ величины поверхностей проводниковъ. Чѣмъ больше поверхность даннаго проводника, тѣмъ большая часть суммы всѣхъ зарядовъ приходится на его долю. Если, слѣдовательно, намъ нужно лишить электрическаго заряда какой нибудь изолированный проводникъ, то для этого достаточно привести его въ соприкосновеніе съ другимъ проводникомъ, поверхность котораго несравненно больше поверхности перваго проводника; наибольшій проводникъ, которымъ мы можемъ поль-

зоваться для этой цѣли, земля. Электричество изолированнаго проводника исчезаетъ, повидимому, совершенно безслѣдно при соприкосновеніи съ землей, въ дѣйствительности же это не такъ, и нѣкоторый чрезвычайно ничтожный зарядъ остается на проводникѣ. Электричество должно равномѣрно распредѣлиться по громадной поверхности, благодаря чему присутствіе его становится неуловимымъ даже для самыхъ тонкихъ и деликатныхъ инструментовъ, хотя оно и не исчезло окончательно и вполнѣ.

Электричество можетъ переходить отъ одного тѣла къ другому и безъ непосредственнаго соприкосновенія ихъ, причемъ наблюдается очень интересное явленіе электрической искры. Если приблизить къ наэлектризованной стеклянной или каучуковой палочкѣ металлическую палочку или же просто палецъ, то мы замѣтимъ между пальцемъ и наэлектризованнымъ тѣломъ небольшую искру и въ то же время услышимъ слабый трескъ. Можно получить большія, издающія сильный трескъ искры, если хорошенько натереть шерстяной матеріей листъ бумаги, лежащій на теплой металлической подставкѣ, и затѣмъ приподнять его; искры длиною въ 2—5 сантиметровъ перепрыгиваютъ отъ такого листа въ нашъ палецъ. Электрическая машина даетъ искры еще большей величины, но наибольшія, извѣстныя намъ искры принадлежатъ самой природѣ; такія электрическія искры называются молніей; трескъ, сопровождающій искры, въ природѣ принимаетъ размѣры грома. Герике, изобрѣтатель воздушнаго насоса, впервые наблюдаетъ электрическія искры. Все сказанное относительно распредѣленія зарядовъ дѣлаетъ для насъ понятнымъ, почему, приближая къ шару электрической машины (кондуктору) изолированный металлическій шаръ, мы можемъ извлечь изъ кондуктора лишь очень слабыя искры; въ этомъ случаѣ у кондуктора отнимается лишь часть его заряда. Если же мы приблизимъ соединенный съ землей металлическій шаръ, то кондукторъ лишится всего своего заряда, а слѣдовательно искра получится большая и сильная.

Дурные проводники электризуются при соприкосновеніи съ наэлектризованными тѣлами только непосредственно въ точкѣ соприкосновенія; за предѣлы этой точки электрическій зарядъ не распространяется. Съ другой стороны, на-

электризованный непроводникъ, при прикосновеніи къ нему проводника, теряетъ электричество только въ точкѣ касанія, вся же остальная часть его поверхности сохраняетъ свой зарядъ. Для непроводниковъ, слѣдовательно, разсмотрѣнные нами законы распредѣленія электричества при прикосновеніи недѣйствительны; эти законы относятся только къ проводникамъ, но и для нихъ необходимо сдѣлать нѣкоторое ограниченіе, какъ показало открытіе Вольта. Вольта впервые указалъ на тотъ въ высшей степени важный фактъ, что простого соприкосновенія двухъ первоначально находящихся въ нейтральномъ состояніи, неодинаковыхъ металловъ, напр. мѣди и цинка или, даже еще проще, двухъ кусковъ одного и того же металла, находящихся при различной температурѣ, напр. одного нагрѣтаго и одного холоднаго куска цинка, достаточно, чтобы вызвать электризацію соприкасающихся тѣлъ и сообщить имъ электрическіе заряды однаковой величины, но противуположныхъ знаковъ.

Какъ же, спрашивается, согласить все это съ закономъ сохраненія энергіи? Такой вопросъ напрашивается самъ собою. Пока мы ограничимся только замѣчаніемъ, что и въ этомъ случаѣ электричество не рождается изъ ничего; мы вернемся къ настоящему вопросу, когда будемъ разсматривать различные способы возбужденія электрическаго тока.

Изъ открытія Вольта мы должны сдѣлать тотъ выводъ, что законы распредѣленія электрическихъ зарядовъ при соприкосновеніи тѣлъ дѣйствительны только въ томъ случаѣ, если всѣ проводники состоятъ изъ одного и того же матеріала и имѣютъ одинаковую температуру. Впрочемъ, установленное нами основное положеніе, что сумма первоначальныхъ зарядовъ до и послѣ соприкосновенія остается одной и той же, сохраняетъ вполнѣ свою силу, даже и въ случаѣ разнородности проводниковъ. Мы увидимъ впослѣдствіи, что послѣ соприкосновенія двухъ различныхъ заряженныхъ металловъ сумма зарядовъ нѣсколько возростаетъ; полученный такимъ образомъ излишекъ долженъ быть отнесенъ на счетъ электричества Вольта.

До сихъ поръ мы познакомились, помимо электричества, возбуждающагося при прикосновеніи, съ двумя способами

приводить проводники въ электрическое состояніе: первый способъ состоитъ въ треніи—этотъ пріемъ годится также и для непроводниковъ—, а второй способъ заключается въ сообщеніи электричества прикосновеніемъ къ заряженному проводнику. Теперь мы обратимся къ ближайшему разсмотрѣнію третьяго способа, электризаціи (электростатической) индукціей или электризаціей чрезъ вліяніе. (Въ отдѣлѣ гальванизма мы также встрѣтимся съ индукціей, которая въ большинствѣ случаевъ обозначается просто словомъ „индукція“; въ виду этого удобнѣе пользоваться вторымъ названіемъ разбираемаго нами явленія.) Явленіе состоитъ въ слѣдующемъ: возьмемъ два изолированныхъ шарообразныхъ кондуктора (проводники, которыми мы пользуемся для электростатическихъ опытовъ, мы называемъ кондукторами); одинъ изъ нихъ зарядимъ отрицательнымъ электричествомъ каучуковой палочки. Расположимъ теперь второй кондукторъ вблизи перваго, заряженнаго кондуктора, притомъ такъ, чтобы они не соприкасались, и между ними не проскакивала искра; второй кондукторъ окажется всетаки наэлектризованнымъ. Такой способъ электризаціи въ высшей степени замѣчателенъ и своеобразенъ; но мы уже теперь можемъ предсказать законы, руководящіе этимъ явленіемъ, на основаніи положенія о неизмѣнности зарядовъ изолированной системы. Второй кондукторъ представляетъ совершенно самостоятельную систему. Если мы приблизимъ его къ кому-нибудь заряженному проводнику и сообщимъ ему такимъ образомъ нѣкоторый зарядъ, то, по положенію о неизмѣнности зарядовъ, величина его до и послѣ приближенія къ заряженному проводнику должна оставаться одна и та же; т. е. зарядъ долженъ состоять на половину изъ положительнаго электричества и на половину изъ отрицательнаго.

На основаніи закона притяженій и отталкиваній обоихъ родовъ электричества можно предсказать, какимъ образомъ расположатся на кондукторѣ электрическія массы: первый кондукторъ (вліяющій) былъ заряженъ отрицательно; слѣдовательно на обращенной къ нему сторонѣ второго (подвергающагося вліянію) кондуктора получится электричество положительное, на противуположной — отрицательное. Эти заключенія подтверждаются опытами. Тутъ мы получаемъ

прекрасный и въ то же время чрезвычайно простой примѣръ того, какъ примѣненіе уже извѣстныхъ законовъ можетъ привести къ открытію новыхъ, безъ необходимости производить многочисленые и сложные опыты. Намъ совершенно достаточно установить опытнымъ путемъ только фактъ электрическаго дѣйствія чрезъ вліяніе, далѣе намъ не за чѣмъ прибѣгать къ опыту; всѣ особенности явленія мы можемъ прямо вывести изъ извѣстныхъ уже намъ законовъ.

Явленіе электростатической индукціи представляетъ намъ въ совершенно новомъ свѣтѣ притяженіе ненаэлектризованнаго тѣла, тѣломъ наэлектризованнымъ. Притяженію предшествуетъ возбужденіе электричества чрезъ вліяніе, и притяженіе, слѣдовательно, является результатомъ дѣйствія другъ на друга двухъ разнородныхъ электричествъ; такъ какъ противуположное электричество находится на сторонѣ кондуктора, обращенной къ вліяющему проводнику, слѣдовательно ближайшей къ нему, то притяженіе беретъ перевѣсъ надъ отталкиваніемъ, проявляющимъ свое дѣйствіе между вліяющимъ проводникомъ и одноименнымъ съ нимъ электричествомъ болѣе отдаленной части кондуктора. Фактъ электрическаго дѣйствія чрезъ вліяніе освобождаетъ насъ отъ необходимости дѣлать предположеніе, безъ котораго мы никакъ не могли-бы обойтись, что электричество можетъ непосредственно дѣйствовать на тѣла притягивающимъ образомъ.

На дѣйствіи электричества чрезъ вліяніе основано явленіе, извѣстное подъ названіемъ возвратнаго у'дара. Если мы тѣмъ или другимъ способомъ уничтожимъ зарядъ индуцирующаго кондуктора, то вмѣстѣ съ тѣмъ мгновенно исчезнетъ и причина, вызывавшая во второмъ кондукторѣ образованіе двухъ разнородныхъ электричествъ, вслѣдствіе чего послѣднія также мгновенно соединятся и нейтрализуютъ другъ друга. Во время грозъ явленіе возвратнаго удара иногда влечетъ за собою смерть животныхъ и людей, безъ всякаго участія молніи. Заряженное электричествомъ грозовое облако является заряженнымъ кондукторомъ и дѣйствуетъ индуцирующимъ образомъ на всѣ находящіеся подъ нимъ предметы. Если между такимъ облакомъ и другимъ, также наэлектризованнымъ, произойдетъ разрядъ, полный или только частичный, и облако потеряетъ своей электри-

ческій зарядъ, то во всѣхъ предметахъ, на которые оно простирало свое вліяніе, произойдетъ явленіе возвратнаго удара.

Какъ мы уже сказали, при возбужденіи электричества чрезъ вліяніе на проводникѣ возникаютъ оба рода электричества. Притянутое противуположное электричество мы обозначаемъ индукціоннымъ электричествомъ перваго рода, оттолкнутое одноименное—индукціоннымъ электричествомъ второго рода. Необходимость установить для обоихъ электричествъ различныя названія основывается на слѣдующемъ. Ради большей простоты и наглядности обозначимъ вліяющій кондукторъ цифрой I, тотъ-же, на который производится вліяніе, цифрой II. Пусть I заряженъ отрицательно, въ такомъ случаѣ II на обращенной къ I сторонѣ имѣетъ положительный зарядъ, на противуположной—отрицательный зарядъ. Если теперь мы дотронемся до II, то, какъ слѣдовало-бы предположить по всему, что мы до сихъ поръ знали, онъ долженъ потерять свой зарядъ и прійти въ нейтральное состояніе. На самомъ-же дѣлѣ этого не происходитъ, какъ-бы и гдѣ-бы мы ни прикасались къ II; и если мы, прикоснувшись къ II, удалимъ I, то окажется, что II имѣетъ нѣкоторый зарядъ, и притомъ положительный. Слѣдовательно, пока I и II находились въ своемъ первоначальномъ положеніи, возможно было удалить съ II только оттолкнутое одноименное электричество, между тѣмъ какъ притянутое противуположное электричество, несмотря на соединеніе съ землей, оставалось на кондукторѣ. Въ виду такого различнаго отношенія обоихъ электричествъ и рѣшились ввести для нихъ два различныхъ наименованія. Это различное отношеніе существуетъ однако лишь до тѣхъ поръ, пока взаимное положеніе I и II не измѣнилось. Какъ только мы удалимъ или разрядимъ I, становится возможнымъ, если отрицательное электричество предварительно было отведено, привести въ землю также и положительное электричество. Послѣдняя операція не удается только до тѣхъ поръ, пока вблизи находится I, удерживая положительное электричество II своимъ отрицательнымъ зарядомъ.

Разсмотрѣнные факты даютъ намъ въ руки методъ, при помощи котораго можно сообщать тѣламъ, простой индук-

ціей, постоянный зарядъ. Методъ этотъ состоитъ въ слѣдующемъ: мы приближаемъ къ данному тѣлу какое-нибудь другое заряженное тѣло, затѣмъ прикасаемся къ первому рукой и наконецъ удаляемъ второе тѣло: первое тѣло пріобрѣтаетъ электрическій зарядъ, противуположный по знаку заряду второго тѣла. Мы, слѣдовательно, имѣемъ возможность зарядить кондукторъ при помощи стеклянной палочки и положительно, и отрицательно; для того, чтобы сообщить ему положительный зарядъ, мы прикасаемся къ нему стеклянной палочкой, чтобы зарядить его отрицательно, мы только приближаемъ къ нему стеклянную палочку и заряжаемъ его дѣйствіемъ чрезъ вліяніе.

Прежде называли индукціонное электричество перваго рода свободнымъ электричествомъ, индукціонное электричество второго рода связаннымъ; но такого рода обозначеніе вызываетъ цѣлый рядъ недоразумѣній, вслѣдствіе чего оно и замѣнено въ настоящее время тѣмъ, которымъ мы пользовались при нашемъ изложеніи.

Явленія электростатической индукціи даютъ намъ ключъ къ пониманію приборовъ, служащихъ для накопленія электричества. Если мы возьмемъ два изолированныхъ кондуктора, напр. два латунныхъ шара на стеклянныхъ ножкахъ, и расположимъ ихъ рядомъ такимъ образомъ, чтобы они были отдѣлены другъ отъ друга слоемъ воздуха, а затѣмъ зарядимъ одинъ изъ нихъ положительнымъ, а другой отрицательнымъ электричествомъ, то сколько-бы разъ мы не прикасались къ тому и другому рукой, мы не въ состояніи будемъ лишить ихъ электрическаго заряда. Электричество одного кондуктора притягивается противуположнымъ электричествомъ другого кондуктора; и благодаря этому, по крайней мѣрѣ отчасти, оно удерживается на кондукторѣ и не можетъ покинуть его. Чѣмъ болѣе мы приближаемъ оба кондуктора другъ къ другу, тѣмъ сильнѣе, согласно закону Кулона, становится притяженіе ихъ электрическихъ массъ, тѣмъ совершеннѣе и полнѣе должны связывать другъ друга оба противуположныя электричества. Но если оба проводника отдѣляются другъ отъ друга только слоемъ воздуха, то при сколько-нибудь значительномъ зарядѣ ихъ нельзя приблизить на достаточно короткое разстояніе безъ того, чтобы не вызвать образо-

ванія искры. Шарообразная форма также неудобна для значительныхъ скопленій электричества; электричества имѣютъ стремленіе возможно близко располагаться другъ къ другу и потому скопляются въ частяхъ шарообразныхъ проводниковъ, наиболѣе близкихъ другъ къ другу, остальныя-же части шаровыхъ поверхностей остаются почти свободными отъ электричества. Отсюда видно, что гораздо цѣлесообразнѣе сообщить обоимъ кондукторамъ форму плоскихъ поверхностей, а для того, чтобы расположить ихъ на возможно близкомъ разстояніи другъ отъ друга, не допуская проскакиванія искры, раздѣлить эти поверхности прослойками твердыхъ изоляторовъ, каковы стекло, смола и т. д.

Приборы, устройство которыхъ основывается на приведенныхъ нами принципахъ, допускаютъ скопленіе большихъ количествъ взаимно связывающихъ другъ друга электричествъ и называются поэтому сгустителями или конденсаторами. Самыми общеизвѣстными конденсаторами, имѣющимися въ распоряженіи каждой школы, являются электрическій листъ Франклина и Лейденскаго банка. Франкликовъ листъ состоитъ изъ четыреугольной стеклянной доски, на которой съ обѣихъ сторонъ наклеены четырехугольные оловянные листы, нѣсколько меньшихъ размѣровъ, чѣмъ доска, такъ что между краями доски и оловянныхъ листовъ остается стеклянный ободокъ приблизительно въ 8 сантиметровъ ширины. Этотъ ободокъ, ради болѣе совершеннаго изолированія, покрытъ лакомъ. Лейденская банка ничто иное, какъ Франкликовъ листъ въ формѣ бутылки; одна оловянная обкладка приспособлена снутри, другая снаружи, горлышко-же бутылки остается свободнымъ. Дѣйствіе этого прибора должно быть намъ вполнѣ понятнымъ на основаніи уже приведеныхъ объясненій. Нашей ближайшей цѣлью является разсмотрѣніе только такихъ явленій, которыя имѣютъ значеніе для теоріи электричества, поэтому мы не станемъ приводить здѣсь ни одного изъ многочисленныхъ опытовъ, совершаемыхъ при помощи франклинова электрическаго листа или лейденской банки.

Необходимо сдѣлать еще одно замѣчаніе относительно дѣйствія электричества чрезъ вліяніе. Сущность этого яв-

ленія состоитъ въ томъ, что въ каждой точкѣ тѣла, на которое дѣйствуетъ электрическая сила, возбуждается электричество. Но въ проводникѣ электрическое равновѣсіе можетъ установиться только въ томъ случаѣ, если сумма электрическихъ силъ, дѣйствующихъ въ каждой точкѣ проводника, равна нулю; поэтому возбужденное на проводникѣ чрезъ вліяніе электричество должно обладать такими свойствами и должно быть такъ распредѣлено, чтобы дѣйствіе его въ каждой точкѣ занимаемаго проводникомъ пространства было въ точности равно, но противуположно дѣйствію, производимому въ той-же точкѣ внѣшними индуцирующими массами; этимъ опредѣляется величина индукціи. Оба означенныя дѣйствія взаимно уничтожаются въ каждой точкѣ индуцированнаго проводника; въ послѣднемъ, слѣдовательно, устанавливается электрическое равновѣсіе. То, что относится къ одному проводнику, относится и къ двумъ и ко многимъ проводникамъ, безразлично, изолированы-ли они или нѣтъ. Индукція всегда происходитъ такимъ образомъ, что въ индуцированныхъ кондукторахъ электрическое равновѣсіе остается ненарушеннымъ. Но, какъ понятно изъ всего предъидущаго, электрическое равновѣсіе въ системѣ изолированныхъ или неизолированныхъ проводниковъ возможно только при томъ непремѣнномъ условіи, чтобы сумма электрическихъ силъ въ каждой точкѣ каждаго отдѣльнаго проводника равнялась нулю.

Совершенно иныя отношенія, чѣмъ въ проводникахъ, представляетъ электричество въ непроводникахъ или изоляторахъ; для послѣднихъ можетъ быть и не соблюдено условіе, безусловно необходимое для первыхъ,—именно электрическое равновѣсіе во всѣхъ точкахъ тѣла; такое равновѣсіе можетъ, слѣдовательно, существовать на изоляторахъ безъ того, чтобы сумма всѣхъ электрическихъ силъ въ каждой точкѣ равнялось нулю. На основаніи этого Фарадэй, „Ньютонъ, ученія объ электричествѣ“, назвалъ непроводники діэлектриками (=dia-electrica; dia=чрезъ), желая тѣмъ показать, что въ нихъ могутъ существовать и распространяться электрическія силы, чего не происходитъ въ проводникахъ. Намъ еще не мало придется говорить о діэлектрикахъ.

Теперь мы установимъ тотъ въ высшей степени важ-

ный и основной фактъ, что нахожденіе электричества на проводникахъ пріурочено исключительно къ ихъ поверхности. Этотъ основной принципъ распредѣленія электричества находится въ полномъ согласіи съ закономъ обратной пропорціальности дѣйствій разстояніямъ, что можетъ быть легко доказано математическимъ путемъ. Я счелъ необходимымъ указать на существованіе такого согласія въ виду того, что приведенный фактъ является наиболѣе простымъ и точнымъ опытомъ, подтверждающимъ правильность закона Кулона. Прямое изслѣдованіе притяженія и отталкиванія дѣло въ высшей степени трудное, и Кулону удалось выполнить его только при соблюденіи цѣлаго ряда предосторожностей. Съ другой стороны, фактъ распредѣленія электричества по поверхности проводниковъ можетъ быть очень легко и просто доказанъ. Я приведу нѣкоторые, относящіеся сюда опыты.

1) Наэлектризуемъ два совершенно равныхъ изолированныхъ металлическихъ шара I и II, предварительно соединивъ ихъ между собою. Какъ должно быть ясно изъ всего сказаннаго ранѣе, оба проводника получатъ совершенно одинаковые заряды. Теперь зарядимъ ихъ. Зарядъ каждаго шара назовемъ буквой L. Затѣмъ возьмемъ еще два, совершенно одинаковыхъ по величинѣ съ первыми шара—III и IV'. III пусть будетъ массивный, IV' же полый. Прикоснемся къ III шаромъ I, а къ IV' шаромъ II. Въ результатѣ окажется, что какъ III, такъ и IV' получили одинаковыя заряды, и притомъ зарядъ каждаго равенъ $L/_2$. Слѣдовательно, величина заряда совершенно не зависитъ отъ того, массивно ли данное тѣло или нѣтъ; отсюда прямо слѣдуетъ, что зарядъ можетъ находиться только на поверхности тѣла.

(Для того, чтобы изслѣдовать величину зарядовъ, мы воспользуемся, вмѣсто электроскопа, двумя электрическими машинами, имѣющими одинаковую длину и подвѣшенными въ одной точкѣ. При электризаціи маятники расходятся, электрическіе заряды шаровъ III и IV' должны быть равны, такъ какъ маятники въ обоихъ случаяхъ расходятся на одинаковую величину.)

2) Возьмемъ шарообразный, изолированный кондукторъ, кромѣ того два изолированныхъ металлическихъ полу-

шарія, которыя при соединеніи плотно обхватываютъ шарообразный кондукторъ. Наэлектризуемъ сперва шаровой проводникъ, затѣмъ наложемъ на него оба полушарія и вновь раздвинемъ ихъ, тогда окажется, что шаровой кондукторъ совершенно утратилъ свой первоначальный зарядъ, который цѣликомъ перешелъ на полушарія. Слѣдовательно, возбуждаемое въ проводникѣ электричество не остается внутри проводника, а передвигается къ поверхности его и распространяется на послѣдней. Итакъ, пребываніе электричества пріурочено исключительно къ поверхности проводника.

3) Очень остроумный опытъ придуманъ былъ Фарадэемъ. На изолирующей стеклянной ножкѣ насажено металлическое кольцо, къ которому прикрѣпленъ воронко-образный мѣшечекъ изъ бумажнаго тюля (какъ не вполнѣ совершеннаго изолятора), на подобіе ласточкина гнѣзда.

Къ вершинѣ конуса пришиты два шелковыхъ шнурка, одинъ виситъ снаружи, другой проходитъ съ внутренней стороны черезъ кольцо; при помощи этихъ шнурковъ можно выворачивать мѣшечекъ въ ту или другую сторону, не измѣняя при этомъ его заряда, такъ какъ шелковые шнурки являются отличными изоляторами. Если мы зарядимъ аппаратъ, то замѣтимъ, что электричество находится только на наружной поверхности мѣшечка. Вывернемъ теперь при помощи шелковаго шнурка мѣшечекъ, такъ чтобы та сторона его, которая первоначально была снутри, теперь оказалась снаружи, всетаки мы не въ состояніи будемъ найти заряда на внутренней поверхности конуса. Объ поверхности съ перемѣной своего положенія обмѣнялись и своей ролью въ качествѣ носителей электрическаго заряда; отсюда слѣдуетъ, что электричество можетъ находиться только на поверхности проводниковъ, и притомъ на наружной ихъ поверхности.

Послѣднее замѣчаніе имѣетъ большое значеніе. Изъ него вытекаетъ, что внутренняя поверхность каждаго полаго проводника, если только она не заключаетъ въ себѣ изолированныхъ массъ, свободна отъ электричества, и электрическая сила во всемъ внутреннемъ поломъ пространствѣ равна нулю. Слѣдовательно, электрическое дѣйствіе чрезъ вліяніе не можетъ возбудить заряда на изолирован-

номъ проводникѣ, помѣщенномъ внутри другого проводника. Поэтому, если мы желаемъ предохранить какой-нибудь проводникъ отъ всякаго электрическаго воздѣйствія, то намъ стоитъ только окружить его снаружи другимъ проводникомъ. Такой охватывающій проводникъ можетъ имѣть довольно значительныя отверстія, не теряя при этомъ способности оказывать защитное дѣйствіе. Наиболѣе совершенной защиты противъ молніи мы достигнемъ, слѣдовательно, лишь въ томъ случаѣ, если покроемъ наши дома со всѣхъ сторонъ проволочной сѣтью,—это, однако, неосуществимо. Физикъ для своихъ потребностей уже успѣлъ воспользоваться этимъ фактомъ: чтобы предохранить свои измѣрительные приборы отъ случайныхъ воздѣйствій, могущихъ въ значительной степени измѣнить данныя его измѣреній, онъ помѣщаетъ ихъ въ ящики, покрытые снаружи оловянными листами или проволочной сѣткой. Такихъ случайныхъ воздѣйствій никакъ нельзя избѣжать, такъ напр., даже когда мы садимся на стулъ, мы возбуждаемъ треніемъ своего платья о сидѣнье электричество, количество котораго, конечно, очень ничтожно, но не смотря на то вполнѣ достаточно для того, чтобы повліять на показанія чрезвычайно точныхъ измѣрительныхъ приборовъ.

Можно привести еще цѣлый рядъ другихъ опытовъ, доказывающихъ, что электричество распространяется исключительно по поверхности проводниковъ; тѣ, которые мы уже привели здѣсь, даютъ намъ это доказательство въ полной мѣрѣ, поэтому мы можемъ ограничиться ими и не тратить напрасно времени на приведеніе дальнѣйшихъ доказательствъ.

III.

Индукція полаго проводника заряженнымъ тѣломъ, помѣщеннымъ въ его поломъ пространствѣ.—Замѣчаніе относительно скорости распространенія электричества.—Суммированіе зарядовъ.—Первыя гипотезы, касающіяся природы электричества.—Электрическая плотность. Дѣйствіе остроконечій.

Мы видѣли въ предшествующей главѣ, что безразлично, будемъ-ли мы подвергать индукціи полый или массивный кондукторъ, величина вызваннаго электрическаго заряда останется одна и та-же; кондукторъ одновременно получа-

етъ два заряда, положительный и отрицательный, но каждый изъ нихъ долженъ быть меньше индуцирующаго заряда, какъ это непосредственно вытекаетъ изъ всего, что нами сказано было объ электрическомъ равновѣсіи на проводникахъ. По законамъ равновѣсія, вызванный индукціей зарядъ долженъ быть лишь такъ великъ, чтобы уравновѣсить въ каждой точкѣ индуцированнаго кондуктора дѣйствіе индуцирующаго заряда. Такъ какъ индуцирующій зарядъ расположенъ на нѣкоторомъ разстояніи отъ индуцируемаго кондуктора, то нѣтъ необходимости, чтобы вызванный на послѣднемъ зарядъ, уравновѣшивающій дѣйствіе индуцирующаго заряда, былъ по величинѣ равенъ ему. Мы разсмотримъ теперь тотъ случай, когда индуцирующее тѣло вполнѣ заключено во внутреннемъ поломъ пространствѣ индуцируемаго тѣла. По найденнымъ нами правиламъ, на наружной поверхности индуцируемаго тѣла появится зарядъ одноименнаго съ индуцирующимъ электричества, сила котораго, какъ оказывается, совершенно не зависитъ отъ того, какое положеніе въ поломъ пространствѣ занимаетъ индуцирующее тѣло. На первый взглядъ этотъ фактъ кажется противорѣчащимъ тому, что нами раньше было сказано объ индукціи двухъ удаленныхъ другъ отъ друга кондукторовъ. Впослѣдствіи мы увидимъ, что тутъ нѣтъ никакого противорѣчія; пока я ограничусь простой ссылкой на прямые опыты Фарадэя, подтвердившіе правильность этого положенія. Сила заряда не измѣняется даже въ томъ случаѣ, если индуцирующее тѣло прикасается къ внутренней поверхности проводника; если индуцирующее тѣло проводникъ, то оно образуетъ вмѣстѣ съ индуцируемымъ тѣломъ одинъ цѣльный проводникъ, на внутренней поверхности котораго не остается и слѣдовъ электричества: какъ намъ извѣстно, электричество не можетъ заключаться внутри проводника. Отсюда слѣдуетъ, что на внутренней поверхности подвергающагося индукціи тѣла долженъ находиться слой электричества, вполнѣ достаточный, чтобы нейтрализовать зарядъ индуцирующаго тѣла, слѣдовательно, равный ему по величинѣ, но противуположный по знаку. При индукціи, какъ извѣстно, всегда возбуждаются одинаковыя количества положительнаго и отрицательнаго электричества, изъ чего вытекаетъ, что возбужденный на наружной

поверхности слой электричества не только имѣетъ одинаковый знакъ съ индуцирующимъ зарядомъ, но и равенъ ему по величинѣ.

Изъ приведенныхъ фактовъ мы можемъ вывести въ высшей степени интересное заключеніе. Положимъ, что индуцирующій проводникъ находится на безконечно близкомъ разстояніи отъ внутренней стѣнки и уже въ этомъ положеніи получаетъ тѣмъ или другимъ способомъ нѣкоторый зарядъ; на наружной поверхности индуцирующаго проводника долженъ появиться равновеликій зарядъ одновременнаго электричества:—по предъидущему совершенно безразлично, будемъ-ли мы разсматривать этотъ зарядъ какъ результатъ индукціи, или-же предположимъ, что онъ получился благодаря проводимости тѣлъ. Это приводитъ насъ къ воззрѣнію на передачу электричества по проводникамъ какъ на нѣкоторое индукціонное дѣйствіе; самое важное слѣдствіе, вытекающее изъ такого воззрѣнія, касается скорости, съ которой распространяется электричество въ различныхъ тѣлахъ; именно, мы вправѣ утверждать, что скорость передвиженія электричества въ данномъ проводникѣ равна скорости распространенія индукціонныхъ дѣйствій въ томъ-же проводникѣ. Впослѣдствіи мы увидимъ, что послѣднюю величину опредѣлить несравненно легче, и познакомимся съ методомъ, дающимъ возможность такого опредѣленія.

Все, что мы сказали относительно индукціи проводника, заключающаго внутри своего полаго пространства индуцирующее тѣло, сохраняетъ свою силу и въ томъ случаѣ, если индуцирующее тѣло является изоляторомъ, и даже при томъ еще болѣе общемъ условіи, если индуцирующія массы распредѣлены любымъ образомъ въ замкнутомъ поломъ пространствѣ проводника.

Выше нами были приведены опыты Кулона, показывающіе, что электрическій зарядъ проводника всегда можетъ быть уменьшенъ вдвое. Мы имѣемъ также возможность присоединять къ заряду проводника новыя электрическія массы. Для этого совершенно достаточно, чтобы соотвѣтствующій проводникъ заключалъ въ себѣ со всѣхъ сторонъ замкнутое, полое пространство, въ которое можно помѣщать наэлектризованные проводники; послѣдніе, какъ мы

уже видѣли, при соприкосновеніи съ внутренней поверхностью, отдаютъ весь свой запасъ электричества, которое и появляется на наружной поверхности проводника.

Такимъ образомъ становится возможнымъ по желанію увеличивать или уменьшать сумму заключенныхъ внутри данной замкнутой поверхности электрическихъ массъ, внося или вынимая изъ полости проводниковъ, смотря по надобности, положительныя или отрицательныя массы. Необходимо однако обратить вниманіе на слѣдующее: сумму заключенныхъ въ данной замкнутой поверхности электрическихъ массъ мы можемъ измѣнить только въ томъ случаѣ, если тѣмъ или другимъ способомъ непосредственно присоединимъ къ имѣющемуся заряду нѣкоторое количество электричества; ни физическія, ни химическія воздѣйствія другъ на друга заключенныхъ внутри замкнутой поверхности тѣлъ, ни треніе ихъ другъ о друга, ни индукціонныя дѣйствія, вызываемыя измѣненіемъ ихъ положенія, ни возбужденіе электричества при соприкосновеніи тѣлъ, не даютъ возможности измѣнить суммы электрическихъ массъ. Во всѣхъ этихъ случаяхъ весь избытокъ положительнаго электричества погашается равновеликимъ количествомъ отрицательнаго электричества, возбуждающимся одновременно съ нимъ. Итакъ мы видимъ, что въ предѣлахъ нѣкотораго опредѣленнаго пространства нѣтъ возможности измѣнить общую сумму заключающагося въ немъ электричества, слѣдовательно въ предѣлахъ его нельзя ни уничтожить, ни породить электричества, безъ того чтобы одновременно ни исчезло и ни появилось одинаковое количество противуположнаго электричества.

Въ примѣненіи ко всей землѣ, это означаетъ слѣдующее: ни при какихъ условіяхъ мы не въ состояніи сообщить землѣ какой-либо зарядъ, если она таковымъ уже не обладаетъ; если-же такой зарядъ существуетъ, то мы не въ силахъ ни увеличить его, ни уменьшить. Какимъ-бы способомъ мы ни возбуждали электричества, всегда будутъ возникать одновременно два совершенно одинаковыхъ количества обоихъ электричествъ; поэтому мы не имѣемъ никакой возможности получить нѣкоторой избытокъ положительнаго или отрицательнаго электричества, который могъ-бы быть затраченъ на сообщеніе заряда землѣ.

Не разъ уже появлялись въ техникѣ смѣлые планы, стремившіеся обосновать телеграфію на различіи электрическихъ зарядовъ земли; на основаніи предъидущаго мы видимъ, что такія попытки въ самомъ корнѣ своемъ были ложны и ни въ какомъ случаѣ не могли разсчитывать на успѣхъ.

Для опредѣленія электричества мы воспользовались нѣкоторыми чрезвычайно простыми явленіями, измѣреніе его намъ также не представило особенныхъ затрудненій; несмотря на то, этотъ родъ энергіи отмѣченъ многими чрезвычайно своеобразными чертами. Въ отношеніи своихъ механическихъ дѣйствій электричество является величиной вполнѣ опредѣленной, но обладающей нѣкоторымъ знакомъ; теорія электрическихъ явленій можетъ быть развита на основаніи экспериментально установленныхъ законовъ, безъ всякой необходимости прибѣгать къ какой-либо гипотезѣ относительно природы электричества. Но въ первыя времена расцвѣта естествознанія люди науки не имѣли благой привычки нашего поколѣнія ставить предѣлы полету своей мысли и ограничиваться одной фактической стороной дѣла; поэтому уже съ самаго ранняго времени появлялись гипотезы, стремившіяся объяснить природу электричества. По аналогіи съ первоначальной теоріей теплоты мы тотчасъ же можемъ догадаться, въ чемъ состояли эти гипотезы: для всѣхъ нихъ электричество являлось невѣсомой жидкостью. Та легкость, съ которой электричество распространяется въ проводникахъ, давала основаніе сравнивать его съ жидкостью; но не было никакой возможности подмѣтить хотя-бы малѣйшее измѣненіе въ вѣсѣ наэлектризованнаго проводника въ сравненіи съ ненаэлектризованнымъ, поэтому пришлось причислить эту жидкость къ невѣсомымъ. Однако гипотеза, представлявшая электричество жидкостью, встрѣтилась въ этой области съ несравненно большими затрудненіями, чѣмъ въ ученіи о теплотѣ.

Являлась необходимость объяснить при помощи этой гипотезы также и противуположность отношенія обоихъ родовъ электричества, стекляннаго и смоляного электричества. Въ этомъ направленіи были сдѣланы двѣ попытки, изъ которыхъ одна принадлежитъ унитаріямъ, другая дуалистамъ.

Во главѣ унитаріевъ (unus=одинъ) стоялъ Франклинъ и Эпинъ. По ихъ ученію, существуетъ только одна электрическая жидкость, и каждое тѣло содержитъ въ нейтральномъ, ненаэлектризованномъ состояніи нѣкоторое количество этой жидкости.

Производя извѣстныя манипуляціи, называемыя нами электризированіемъ, мы можемъ увеличить или уменьшить количество электрической жидкости; въ первомъ случаѣ тѣло получитъ положительный зарядъ, во второмъ—отрицательный. Для объясненія притяженій и отталкиваній наэлектризованныхъ тѣлъ прибѣгаютъ къ предположенію, что частицы жидкости взаимно отталкиваются, между тѣмъ какъ между ними и матеріальными массами существуетъ извѣстная сила притяженія.

Дуалистическая (duo=два) гипотеза, установленная Зиммеромъ, принимаетъ, какъ показываетъ ея названіе, существованіе двухъ различныхъ жидкостей, соотвѣтствующихъ двумъ различнымъ родамъ электричества. Чтобы объяснить всю совокупность электрическихъ явленій эта гипотеза прибѣгаетъ далѣе къ слѣдующимъ предположеніямъ: частицы одной и той-же электрической жидкости отталкиваются между собою, между тѣмъ какъ частицы противуположныхъ электричествъ взаимно притягиваются; въ нейтральномъ состояніи каждое тѣло содержитъ одинаковыя количества обѣихъ жидкостей, смѣсь которыхъ образуетъ нейтральную жидкость. Проводникъ обладаетъ, слѣдовательно, положительнымъ или отрицательнымъ зарядомъ, смотря по тому, заключаетъ-ли онъ избытокъ той или другой электрической жидкости. Притяженія и отталкиванія наэлектризованныхъ тѣлъ объясняются также взаимодѣйствіемъ между электрическими жидкостями и матеріальными массами.

И та, и другая гипотеза въ состояніи до извѣстной степени объяснить электрическія явленія. Къ сожалѣнію, обѣ гипотезы страдаютъ тѣмъ общимъ недостаткомъ, что онѣ совершенно излишни; но это-бы еще ничего, надъ ними, однако, тяготѣетъ нѣчто несравненно болѣе важное: изъ опытовъ никоимъ образомъ не вытекаетъ, чтобы количество электричества, которое мы можемъ возбудить на

данномъ тѣлѣ, имѣло нѣкоторый предѣлъ, въ силу чего мы принуждены принять, что по унитарной гипотезѣ нормальный зарядъ тѣла, по дуалистической-же—количество нейтральной жидкости въ немъ безконечно велики; мы, слѣдовательно, приходимъ къ выводу, стоящему въ прямомъ противорѣчіи съ нашимъ предположеніемъ о вещественной электрической жидкости.

Какъ мы видимъ, гипотеза, принимающая существованіе нѣкоторой невѣсомой жидкости, наталкивается на тѣ-же затрудненія, съ которыми пришлось ей встрѣтиться, благодаря опытамъ Румфорда, въ области теплоты. Не смотря, однако, на это, мы и въ настоящее время продолжаемъ пользоваться обозначеніями, унаслѣдованными отъ этой гипотезы; въ томъ-же смыслѣ, т. е. вполнѣ условно, признавалась она и Кулономъ, который прибѣгалъ къ услугамъ ея, чтобы, какъ онъ говоритъ, „наивозможно простымъ способомъ выразить результаты вычисленія и опыта, но ни въ какомъ случаѣ не обозначить истинныя причины электрическихъ явленій“.

Гипотеза электрическихъ жидкостей приводитъ насъ къ понятію, которое, не будучи необходимо связано съ произвольными предположеніями этой гипотезы, имѣетъ очень важное значеніе для науки; это понятіе электрической плотности. Въ діэлектрикѣ электричество можетъ быть распредѣлено совершенно равномѣрно во всемъ пространствѣ, занимаемомъ имъ; въ этомъ случаѣ подъ электрической плотностью мы понимаемъ количество электричества, содержащееся въ единицѣ объема. Если распредѣленіе электричества неравномѣрное, то электрическая плотность въ каждой данной точкѣ опредѣляется отношеніемъ количества электричества, заключеннаго въ чрезвычайно небольшомъ пространствѣ вокругъ этой точки, къ величинѣ самого этого пространства. Послѣднее должно быть настолько малымъ, чтобы распредѣленіе электричества въ немъ можно было принять вполнѣ равномѣрнымъ.

При пространственномъ распредѣленіи электричества мы говоримъ объ обемной плотности—такой терминъ примѣнимъ слѣдовательно только къ діэлектрикамъ,—при поверхностномъ распредѣленіи электричества, которое имѣетъ мѣсто на проводникахъ, намъ придется говорить о плот-

ности, отнесенной къ единицѣ поверхности. Если распредѣленіе электричества равномѣрное, то подъ такой плотностью мы понимаемъ количество электричества, находящееся на единицѣ поверхности проводника. При неравномѣрномъ распредѣленіи мы поступаемъ совершенно такъ же, какъ при опредѣленіи объемной плотности; мы находимъ плотность данной точки, принимая, что на окружающемъ эту точку ничтожно маломъ отрѣзкѣ поверхности проводника электричество распредѣлено равномѣрно. Электрическая плотность въ этой точкѣ поверхности опредѣляется отношеніемъ количества электричества, находящагося на данномъ отрѣзкѣ поверхности, къ величинѣ площади этого отрѣзка.

Гипотеза, объясняющая электрическія явленія дѣйствіями электрическихъ жидкостей, заставляетъ насъ принять, что электрическій слой на поверхности проводника представляетъ извѣстную толщину и проникаетъ на нѣкоторую глубину,—какъ-бы малой мы ее себѣ ни представляли, — либо въ толщу самого проводника, либо въ среду окружающаго проводникъ изолятора. Слѣдовательно, на основаніи гипотезы, принимающей электричество за нѣкоторую матеріальную жидкость, мы можемъ понять только пространственное распредѣленіе электричества, но не чисто поверхностное. Толщина электрическаго слоя не можетъ быть опредѣлена прямыми опытами; вслѣдствіе этого различную поверхностную плотность мы можемъ объяснить двоякимъ образомъ: или мы должны предположить, что плотность поверхностнаго электрическаго слоя величина постоянная, а толщина его величина перемѣнная, или-же наоборотъ мы должны считать плотность его измѣняющеюся, а толщину постоянной. И въ томъ, и въ другомъ случаѣ мы получимъ совершенно одинаковый результатъ, такъ какъ поверхностная плотность равна произведенію толщины на плотность слоя. Слѣдовательно, пока рѣчь идетъ о проводникахъ, выраженія электрическая плотность и толщина электрическаго слоя имѣютъ совершенно одинаковыя значенія.

Въ большинствѣ случаевъ поверхностная плотность не является величиной постоянной. Способъ распредѣленія электрическаго заряда по поверхности изолированнаго про-

водника зависитъ отъ формы послѣдняго, такъ какъ электрическія массы должны находиться въ равновѣсіи на его поверхности; этимъ условіемъ опредѣляются всѣ особенности распредѣленія электричества по поверхности проводниковъ; распредѣленіе электричества можетъ быть вычислено на основаніи того закона, что дѣйствующая внутри проводника сила должна равняться нулю. Для нѣкоторыхъ тѣлъ такое вычисленіе выполнимо; впервые подобныя вычисленія даны были Пуассономъ; они требуютъ примѣненія методовъ высшей математики; но то, что для насъ имѣетъ интересъ, мы можемъ вывести и безъ математики. Наэлектризуемъ изолированный шарообразный проводникъ; форма его вполнѣ симметрична, слѣдовательно и распредѣленіе заряда по всей его поверхности должно быть совершенно равномѣрно. Поверхностная плотность его является, поэтому, величиной постоянной; но для проводниковъ другихъ формъ, не представляющихъ такой степени симметріи, какъ шаръ, поверхностная плотность должна быть различна въ различныхъ точкахъ поверхности проводника. Мы постараемся показать возможно наглядным образомъ, почему на выдающихся частяхъ изолированнаго и наэлектризованнаго проводника происходитъ особенно сильное скопленіе электричества.

Возьмемъ два металлическихъ шара, одинъ съ большимъ діаметромъ D, другой съ малымъ діаметромъ d. Удалимъ оба шара на довольно значительное разстояніе другъ отъ друга, такъ чтобы они не могли взаимно вліять другъ на друга, и соединимъ ихъ прямой, чрезвычайно тонкой проволокой. Если мы наэлектризуемъ такую систему, то электричество распредѣлится, конечно, такимъ образомъ по обоимъ шарамъ и соединяющей ихъ проволокѣ, что во всей системѣ наступитъ электрическое равновѣсіе. Каждая электрическая частица, расположенная на проволокѣ, должна испытывать слѣдующія воздѣйствія: во первыхъ, отталкиваніе со стороны большого шара, во вторыхъ отталкиваніе со стороны малаго шара; обѣ эти отталкивательныя силы дѣйствуютъ въ противуположныя стороны,—далѣе отталкиваніе всѣхъ электрическихъ частицъ, расположенныхъ на лѣвой части проволоки и отталкиваніе частицъ расположенныхъ на правой части ея.

Оба послѣднія дѣйствія также противуположны другъ другу по направленію, а такъ какъ проволока нами взята очень тонкая, и зарядъ ея, слѣдовательно, чрезвычайно малъ, то мы можемъ вообще пренебречь послѣдними двумя воздѣйствіями, какъ ничтожно малыми въ сравненіи съ воздѣйствіями шаровъ. Въ системѣ нашей, какъ сказано, установилось равновѣсіе, поэтому разсматриваемая нами частица должна находиться въ покоѣ; слѣдовательно силы, дѣйствующія на нее съ той и съ другой стороны, должны имѣть одинаковую величину. Мы нисколько не нарушимъ общности нашего разсужденія, если выберемъ на проволокѣ такую частицу, которая одинаково удалена отъ центровъ обоихъ шаровъ. Равномѣрно распредѣленная по шаровой поверхности масса дѣйствуетъ на всѣ окружающія предметы такимъ образомъ, какъ если бы вся эта масса была сосредоточена въ центрѣ шара, отсюда прямо слѣдуетъ, что воздѣйствія, производимыя обоими шарами на разсматриваемую нами частицу, только въ томъ случаѣ будутъ равны, если на обоихъ шарахъ будутъ находиться одинаковыя количества электричества. Такимъ образомъ мы получаемъ возможность опредѣлить отношеніе электрическихъ плотностей обоихъ шаровъ; это означаетъ далѣе, что, если діаметръ большого шара D въ n разъ болѣе діаметра малаго шара d, то поверхность большого шара O въ $n \times n$ разъ больше поверхности малаго шара o. Какъ извѣстно, поверхность шара возрастаетъ въ квадратномъ отношеніи къ радіусу. Итакъ, въ концѣ концовъ мы приходимъ къ тому результату, что поверхностная плотность малаго шара въ $n \times n$ разъ болѣе таковой большого шара.

Общій результатъ нашего опыта мы можемъ выразить слѣдующимъ образомъ: поверхностная плотность увеличивается по мѣрѣ того, какъ уменьшается радіусъ шара. Въ этомъ видѣ выведенное нами положеніе сохраняетъ свое значеніе даже и въ томъ случаѣ, если мы оба шара сдвинемъ вмѣстѣ и соединимъ ихъ въ одинъ общій проводникъ, имѣющій форму яйца; теперь мы имѣемъ передъ собою вмѣсто двухъ различныхъ шаровъ, одинъ только проводникъ, вслѣдствіе чего должны измѣнить высказанное нами положеніе и выразить его слѣдующимъ образомъ: на болѣе выдающихся частяхъ проводника, гдѣ кривизна поверхно-

сти его является болѣе значительной, поверхностная плотность больше, чѣмъ на менѣе выдающихся частяхъ его, представляющихъ меньшую кривизну поверхности.

Изъ этого положенія непосредственно вытекаетъ, что, если придѣлать къ изолированному проводнику остріе, то электричество должно пріобрѣсти на этомъ остріи очень значительную плотность. Въ сравненіи съ этой увеличившейся плотностью изолирующее дѣйствіе воздушныхъ частицъ оказывается недостаточнымъ, часть заряда переходитъ на частицы воздуха, и онѣ отталкиваются отъ острія, заряженнаго одноименнымъ съ ними электричествомъ. Такое явленіе извѣстно подъ названіемъ электрическаго вѣтра. Присоединеніемъ къ проводнику острія мы можемъ совершенно лишить его всякаго заряда. Такое дѣйствіе острія можетъ быть названо электрическимъ излученіемъ.

Излучающему дѣйствію острія противуположно всасывающее дѣйствіе его; противуположность эта, впрочемъ, какъ мы сейчасъ докажемъ, лишь кажущаяся. Приблизимъ къ заряженному изолированному проводнику остріе, соединенное съ другимъ ненаэлектризованнымъ проводникомъ, и мы вскорѣ замѣтимъ, что первый проводникъ постепенно теряетъ свой зарядъ, между тѣмъ какъ второй, первоначально не обладающій никакимъ зарядомъ, постепенно начинаетъ заряжаться одноименнымъ съ первымъ электричествомъ. Слѣдовательно, явленіе совершается такимъ образомъ, какъ будто-бы остріе понемногу всасывало электрическій зарядъ перваго проводника. Въ дѣйствительности же мы имѣемъ дѣло съ нѣсколько болѣе сложнымъ процессомъ. Положимъ, что первый кондукторъ имѣетъ положительный зарядъ; этотъ зарядъ дѣйствуетъ чрезъ вліяніе на остріе и соединенный съ нимъ кондукторъ и возбуждаетъ отрицательное электричество въ остріи, положительное въ кондукторѣ. Какъ это понятно изъ того, что сказано было нами относительно дѣйствія остроконечій, отрицательное электричество должно стекать съ острія и нейтрализовать положительный зарядъ перваго кондуктора, благодаря чему зарядъ перваго станетъ уменьшаться въ той-же мѣрѣ, въ какой увеличивается зарядъ второго.

Углы и острые края, находящіеся на проводникахъ, дѣйствуютъ совершенно такимъ-же образомъ, какъ и острія.

При конструированіи аппаратовъ, предназначенныхъ для собиранія и удерживанія электрическихъ массъ, необходимо поэтому тщательно избѣгать всевозможныхъ угловатыхъ и заостренныхъ формъ.

На дѣйствіи остроконечій основывается и устройство громоотвода; главное его назначеніе состоитъ не въ томъ, чтобы „притягивать молнію“ и отводить ее въ случаѣ удара, а въ уменьшеніи заряда облаковъ, что и совершается имъ по тѣмъ законамъ, которые мы изложили при объясненіи всасывающаго дѣйствія остроконечій. Для этого именно и нужно соединеніе громоотвода съ землей при помощи какого-нибудь проводника. Значеніе громоотвода, какъ приспособленія, отводящаго молнію, играетъ лишь второстепенную роль.

Пламя производитъ въ электрическомъ отношеніи совершенно такое-же дѣйствіе, какъ и остріе, но и несравненно большей силой. Такое отношеніе станетъ для насъ вполнѣ понятнымъ, если принять во вниманіе, что въ пламени частицы воздуха подхватываются и уносятся восходящимъ токомъ нагрѣтыхъ газовъ, между тѣмъ какъ отъ острія онѣ отталкиваются лишь электрическимъ зарядомъ. Всасывающее дѣйствіе пламени является несравненно болѣе совершеннымъ, чѣмъ такое-же дѣйствіе одного или нѣсколькихъ металлическихъ остроконечій; въ виду этого физикъ пользуется пламенемъ во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда нужно произвести возможно быстрое и совершенное „эвсасываніе“ электричества; съ тою-же цѣлью Вольта подносилъ горящую напитанную спиртомъ губку къ своему электроскопу, чтобы изслѣдовать атмосферное электричество. Къ настоящему вопросу мы еще вернемся при разборѣ теоріи атмосфернаго электричества. Въ тѣхъ случаяхъ, когда примѣненіе пламени оказывается невозможнымъ, вслѣдствіе-ли опасности пожара или по другимъ какимъ-либо причинамъ, прибѣгаютъ къ сосудамъ, испускающимъ тонкую струю воды или еще лучше ртути, которая легче превращается въ мелкую пыль, хотя дѣйствіе такихъ приборовъ и не такъ быстро и совершенно, какъ дѣйствіе пламени.

КОНЕЦЪ ПЕРВОЙ ЧАСТИ.

БИБЛІОТЕКА
ДЛЯ ВЫДАЧИ КНИГЪ НА ДОМЪ
М. С. П. о Н. Т.

ЗАМѢЧЕННЫЯ ОПЕЧАТКИ.

Напечатано.	Слѣдуетъ.	Стран.	Строка.
В	С	80	6 сверху.
+ Е	+ E_3	81	7 —
Р	В	81	9 —
представляемъ	предоставляемъ	84	9 снизу.
служилъ	служитъ	86	9 —
ней	нее	88	10 —
на площади, равной	на площадь, равную	99	6 —
Люнсбургскомъ	Люнебургскомъ	117	1 —
этими	этимъ	122	21 —
онѣ занимаютъ	она занимаетъ	124	20 —
абсолютность	обособленность	132	9 сверху.
подъ	надъ	140	5 —
Биля	Біелы	145	6 —
на	вокругъ	147	15 —
высокую	высшую	148	13 —
представленными	предоставленными	151	15 снизу.
ряды	роды	151	11 —
сокращенія	сохраненія	152	13 —
распредѣляется	распредѣлится	153	5 —
и	съ	154	6 —
привести	провести	158	5 сверху.
фактамъ,	фактамъ;	162	2 снизу.
звѣздъ;	звѣздъ,	162	1 —
въ	къ	165	4 —
электрическая	элекростатическая	166	въ заглавіи.
ткани	натертаго тканью	170	2 снизу.
электризаціей	электризаціи	180	7 сверху.
индуцирующаго	индуцируемаго	190	9 —
одновременнаго	одноименнаго	190	10 —
внутри	въ	191	5 —
проводниковъ	проводника	191	7 —
и	съ	199	16 —

2011142795